



**SKRIPSI – TK141581**

**EFEKTIVITAS METODE *SURFACE COATING* DAN  
*BLENDING* UNTUK PENAMBAHAN *TITANIUM  
DIOXIDE* ( $\text{TiO}_2$ ) PADA MEMBRAN *CELLULOSE  
ACETATE/POLYETHYLENE GLYCOL* (CA/PEG)**

**Oleh:**

**Ryanda Luthfi Zaim  
2313 100 005**

**Wahyuni Eka Muqni  
2313 100 071**

**Dosen Pembimbing  
Siti Nurkhamidah, S.T, M.S, Ph.D  
NIP. 19840508 200912 2 004**

**Dr. Yeni Rahmawati, S.T, M.T  
NIP. 19761020 200501 2 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**FINAL PROJECT – TK141581**

**EFFECTIVENESS OF SURFACE COATING AND  
BLENDING METHOD FOR ADDITION OF  
TITANIUM DIOXIDE (TiO<sub>2</sub>) IN CELLULOSE  
ACETATE/POLYETHYLENE GLYCOL (CA/PEG)  
MEMBRANE**

**Proposed by:**

**Ryanda Luthfi Zaim  
2313 100 005**

**Wahyuni Eka Muqni  
2313 100 071**

**Advisor I:**

**Siti Nurkhamidah, S.T, M.S, Ph.D  
NIP. 19840508 200912 2 004**

**Advisor II:**

**Dr. Yeni Rahmawati, S.T, M.T  
NIP. 19761020 200501 2 001**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECTHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### EFEKTIVITAS METODE *SURFACE COATING* DAN *BLENDING* UNTUK PENAMBAHAN *TITANIUM DIOXIDE* ( $\text{TiO}_2$ ) PADA MEMBRAN *CELLULOSE ACETATE/POLYETHYLENE GLYCOL* (CA/PEG)

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik  
Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**Ryanda Luthfi Zaim**  
**Wahyuni Eka Muqni**

**NRP : 2313 100 005**  
**NRP : 2313 100 071**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Siti Nurkhamidah, S.T., M.S., Ph.D ..... (Pembimbing 1)
2. Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T ..... (Pembimbing 2)
3. Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S ..... (Penguji I)
4. Dr. Ir. Susianto, DEA ..... (Penguji II)
5. Ir. Ignatius Gunardi M.T ..... (Penguji III)



# **EFEKTIVITAS METODE *SURFACE COATING* DAN *BLENDING* UNTUK PENAMBAHAN *TITANIUM DIOXIDE* ( $\text{TiO}_2$ ) PADA MEMBRAN *CELLULOSE ACETATE/POLYETHYLENE GLYCOL* (CA/PEG)**

**Disusun Oleh : Ryanda Luthfi Zaim NRP: 2313 100 005**  
**Wahyuni Eka Muqni NRP: 2313 100 071**

**Dosen Pembimbing: Siti Nurkhamidah, S.T., M.S., Ph.D**  
**Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.**

## **ABSTRAK**

Kebutuhan akan air bersih terus meningkat. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif untuk mendapatkan air bersih. Salah satu caranya adalah proses desalinasi dengan menggunakan membran. Membran *cellulose acetate/polyethylene glycol* (CA/PEG) merupakan salah satu jenis membran yang bisa digunakan untuk proses desalinasi. Beberapa penelitian tentang pembuatan membran CA/PEG telah dilakukan, tetapi belum menghasilkan membran dengan kinerja yang bagus. Penelitian ini dilakukan untuk melihat efektivitas penggunaan metode *surface coating* dan *blending* terhadap kinerja membran. Dalam penelitian ini dilakukan penambahan  $\text{TiO}_2$  dengan beberapa komposisi (0; 0.25; 0.5; 0.75; 1; 1.25; 1.5) g/L *solvent* untuk masing-masing metode. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidrofilitas dan *salt rejection* meningkat dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  hingga 1 g/L *solvent* untuk metode *surface coating*. Sedangkan untuk metode *blending*, meningkat hingga penambahan  $\text{TiO}_2$  0.5 g/L *solvent* dan menurun dengan semakin besar jumlah  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan. Berdasarkan analisa yang dilakukan, diperoleh membran dengan kinerja terbaik dengan metode *blending* yaitu pada penambahan  $\text{TiO}_2$  0.5 g/L *solvent* dengan *salt rejection* 47% dan *water flux* sebesar 98 L/m<sup>2</sup>.h  
Kata Kunci : CA, desalinasi,, membran PEG,  $\text{TiO}_2$

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

# **EFFECTIVENESS OF SURFACE COATING AND BLENDING METHOD FOR ADDITION OF TITANIUM DIOXIDE (TiO<sub>2</sub>) IN CELLULOSE ACETATE/POLYETHYLENE GLYCOL (CA/PEG) MEMBRANE**

**Proposed By : Ryanda Luthfi Zaim NRP: 2313 100 005  
Wahyuni Eka Muqni NRP: 2313 100 071**

**Advisor : Siti Nurkhamidah, S.T., M.S., Ph.D  
Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T.**

## **ABSTRACT**

The need for clean water continues to increase. Therefore, it is necessary to find an alternative for the get of clean water. One way is desalination process using membrane. Cellulose Acetate/Polyethylene Glycol (CA / PEG) membrane is one type of membrane that can be used for desalination process. Several studies on the manufacture of CA / PEG membranes have been performed, but have not yet produced a good performance membrane. This study was conducted to look at the effectiveness of using the method of surface coating and blending the performance of the membrane. This study using some compositions of TiO<sub>2</sub> (0; 0.25; 0.5; 0.75; 1; 1.25; 1.5) g/L solvent for each method. The results showed that the hydrophilicity and salt rejection increases with the addition of TiO<sub>2</sub> up to 1 g/L solvent for surface coating method. Blending method, hydrophilicity and salt rejection increases until the addition of TiO<sub>2</sub> 0.5 g/L solvent and decreases with further addition of TiO<sub>2</sub>. Based on the analysis, the best performance is obtained by adding TiO<sub>2</sub> 0.5 g/L solvent with salt rejection 47% and water flux 98 L/h.m<sup>2</sup>.

**Key word:** cellulose acetate, desalination, membrane, Polyethylene Glycol, TiO<sub>2</sub>

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami sampaikan kepada kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat dan berkah-Nya kami dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul:

**“EFEKTIVITAS METODE *SURFACE COATING* DAN  
*BLENDING* UNTUK PENAMBAHAN *TITANIUM  
DIOXIDE (TiO<sub>2</sub>)* PADA MEMBRAN *CELLULOSE  
ACETATE/POLYETHYLENE GLYCOL (CA/PEG)*”**

Laporan Tugas Skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan Program Studi S-1 di Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada kesempatan kali ini, kami menyampaikan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga kami atas segala kasih sayang dan pengertian yang telah diberikan.
2. Bapak Juwari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S selaku Kepala Laboratorium Proses Perpindahan Panas dan Massa yang telah banyak memberikan masukan kepada kami.
4. Ibu Siti Nurkhamidah, S.T., M.S., Ph.D. dan Ibu Dr. Yeni Rahmawati, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan masukan bagi kami.
5. Bapak Fadlilatul Taufany, S.T., Ph.D, Bapak Dr. Ir. Susianto, DEA selaku dosen dalam Laboratorium Proses Perpindahan Panas dan Massa atas bimbingan dan saran yang diberikan
6. Bapak dan Ibu selaku dosen pengajar serta seluruh karyawan Departemen Teknik Kimia FTI-ITS
7. Teman – teman Laboratorium Proses Perpindahan Panas dan Massa dan keluarga K-53 atas dukungan dan kebersamaannya, sehingga kami dapat menyelesaikan laporan tugas skripsi ini.



Kami menyadari bahwa penyusunan laporan skripsi ini masih perlu penyempurnaan, oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua,  
Terima Kasih

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	4
I.3 Batasan Masalah .....	4
I.4 Tujuan .....	5
I.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
II.1 Definisi Membran.....	7
II.2 Bahan Baku Pembuatan Membran .....	9
II.2.1 <i>Cellulose Acetate</i> (CA).....	9
II.2.2 <i>Polyethylene Glycol</i> (PEG).....	10
II.2.3 <i>Titanium Dioxide</i> (TiO <sub>2</sub> ) .....	11
II.3 Teknik Pembuatan Membran.....	11
II.4 Teknik Modifikasi Pembuatan Membran .....	13
II.4.1 Modifikasi <i>Surface Coating</i> .....	13
II.4.2 Modifikasi <i>Blending</i> .....	13
II.5 Karakterisasi Membran.....	13
II.5.1 <i>Fourier Transformed Infra Red</i> (FTIR).....	13
II.5.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	14
II.5.3 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	14
II.5.4 Pengukuran <i>Water Content</i> .....	15
II.5.5 Perhitungan <i>Water Flux</i> .....	15
II.5.6 Perhitungan <i>Salt Rejection</i> .....	15
II.5.7 Perhitungan Permeabilitas membran .....	15
II.6 Penelitian Sebelumnya .....	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	19
III.1 Garis Besar Penelitian .....	19
III.2 Bahan yang Digunakan.....	20
III.3 Alat yang Digunakan .....	20
III.4 Prosedur Penelitian .....	20
III.4.1 Prosedur Pembuatan Membran.....	20
III.4.2 Prosedur Analisa.....	24
III.4.3 Perhitungan Fluks dan Rijeksi Garam .....	26
III.5 Variabel Penelitian .....	27
III.5.1 Pembuatan Membran Metode <i>Surface Coating</i> .....	27
III.5.2 Pembuatan Membran Metode <i>Blending</i> .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
IV.1 Penambahan TiO <sub>2</sub> Metode <i>Surface Coating</i> .....	31
IV.1.1 Analisa <i>Fourier Transformed Infrared</i> (FTIR) ...	31
IV.1.2 Analisa <i>Water Content</i> .....	35
IV.1.3 Analisa XRD .....	36
IV.1.4 Analisa <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) ..	38
IV.1.5 Analisa <i>Salt Rejection</i> .....	41
IV.1.6 Analisa <i>Water Flux</i> .....	42
IV.1.7 Analisa Permeabilitas Membran .....	44
IV.2 Penambahan TiO <sub>2</sub> dengan Metode <i>Blending</i> .....	45
IV.2.1 Analisa <i>Fourier Transformed Infrared</i> (FTIR) ...	45
IV.2.2 Analisa <i>Water Content</i> .....	48
IV.2.3 Analisa XRD .....	48
IV.2.4 Analisa <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) ..	50
IV.2.5 Analisa <i>Salt Rejection</i> .....	53
IV.2.6 Analisa <i>Water Flux</i> .....	54
IV.2.7 Analisa Permeabilitas membran .....	55
IV.3 Perbandingan Membran CPTS dan CPTB .....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	59
V.1 Kesimpulan.....	59
V.2 Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xix
APPENDIKS A.....	A-1

APPENDIKS B.....	B-1
APPENDIKS C.....	C-1

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan ukuran relatif zat terlarut yang akan dipisahkan berdasarkan jenis membran .....	9
Gambar 3.1 Langkah Penelitian.....	19
Gambar 3.2 Flowchart Metode Surface Coating.....	21
Gambar 3.3 Skema Metode <i>Surface Coating</i> .....	22
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> Metode <i>Blending</i> .....	23
Gambar 3.5 Skema Metode <i>Blending</i> .....	24
Gambar 3.6 Skema Alat Desalinasi .....	25
Gambar 4.1 Hasil Analisa FTIR Membran CPTS .....	32
Gambar 4.2 Luas Area <i>Peak</i> -OH Membran CPTS .....	33
Gambar 4.3 Mekanisme Reaksi Fotokatalitis .....	34
Gambar 4.4 Mekanisme Reaksi <i>Superhydrophilicity</i> .....	34
Gambar 4.5 Hasil Analisa XRD Membran CPTS .....	37
Gambar 4.6 Hasil Analisa SEM Membran CPTS .....	38
Gambar 4.7 Hasil Analisa <i>Salt Rejection</i> Membran CPTS .....	42
Gambar 4.8 Hasil Analisa <i>Water Flux</i> Membran CPTS .....	43
Gambar 4.9 Hasil Analisa Permeabilitas Membran CPTS .....	44
Gambar 4.10 Hasil Analisa FTIR Membran CPTB .....	46
Gambar 4.11 Luas Area <i>Peak</i> -OH Membran CPTB .....	47
Gambar 4.12 Hasil Analisa XRD Membran CPTB .....	49
Gambar 4.13 Hasil Analisa SEM Membran CPTB .....	50
Gambar 4.14 Hasil Analisa <i>Salt Rejection</i> Membran CPTB ...	53
Gambar 4.15 Hasil Analisa <i>Water Flux</i> Membran CPTB .....	54
Gambar 4.16 Hasil Analisa Permeabilitas Membran CPTB.....	55

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian Sebelumnya .....	16
Tabel 3.1	Penamaan Membran dengan Metode <i>Surface Coating</i> .....	28
Tabel 3.2	Penamaan Membran Metode <i>Blending</i> .....	29
Tabel 4.1	Hasil Analisa <i>Water Content</i> Metode <i>Surface Coating</i> .....	35
Tabel 4.2	Ukuran Pori Membran CPTS .....	41
Tabel 4.3	Hasil Analisa <i>Water Content</i> Membran dengan Metode <i>Blending</i> .....	45
Tabel 4.4	Ukuran Pori Membran CPTB .....	48
Tabel 4.5	Permeabilitas Membran CPTS .....	53
Tabel 4.6	Permeabilitas Membran CPTB .....	56
Tabel 4.7	Perbandingan Hasil Analisa Membran CPTS dan CPTB .....	57



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia. Garis pantai Indonesia mencapai 99.093 km dengan wilayah perairan 6.315.222 km<sup>2</sup>. Oleh sebab itu Indonesia disebut juga negara maritim dimana sekitar 25% dari luas kawasan merupakan teritorial daratan sedangkan 75% merupakan teritorial laut (Badan Informasi Geospasial, 2015). Air sebagai salah satu komponen kehidupan merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Persediaan akan air layak pakai dirasakan semakin berkurang dan perlu adanya sebuah teknologi yang dapat mendaur ulang air menjadi air yang layak untuk digunakan. Air banyak digunakan dalam kebutuhan manusia tidak hanya untuk kebutuhan tubuh seperti minum tetapi juga untuk berbagai kebutuhan lain seperti mencuci, memasak serta untuk keperluan industri. Namun, pada beberapa keadaan manusia sering dihadapkan pada situasi ketika ketersediaan air sangat terbatas, dimana air bersih memiliki ciri yaitu tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau.

Proses desalinasi dilakukan untuk pemurnian, seperti pemurnian air limbah, air payau hingga air laut. Desalinasi digunakan untuk mengurangi kandungan garam terlarut dari air garam hingga konsentrasi tertentu sehingga air dapat digunakan untuk proses industri (Gude, 2016). Air yang telah melalui proses pemurnian dapat digunakan pada industri seperti air utilitas untuk umpan boiler maupun pendingin untuk jaringan penukar panas.

Teknologi membran secara luas telah diterima sebagai jalan untuk memproduksi *fresh water* secara berkelanjutan dengan proses yang lebih maju, dibuat dari bahan kimia dan disesuaikan dengan kebutuhan proses. Pemurnian air berbasis membran telah diakui sebagai teknologi serbaguna untuk spektrum yang luas dari proses pengolahan air dan air limbah. Proses membran memiliki potensi untuk menggantikan teknologi

pemisahan *energy-intensive* yang konvensional seperti distilasi dan proses penguapan lainnya yang pada umumnya memiliki kerugian seperti biaya yang tinggi dan persyaratan penggunaan bahan kimia yang memerlukan pengawasan khusus. Sekarang ini, teknologi pemisahan yang banyak digunakan adalah pemisahan berdasarkan *reverse osmosis* (Goh dkk, 2013).

Pembuatan membran dengan metode *reverse osmosis* merupakan proses pemisahan dua cairan dengan konsentrasi yang berbeda dimana pelarut dari daerah konsentrasi zat terlarut tinggi akan dilewatkan pada membran semipermeable menuju daerah yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah dengan memberikan tekanan melebihi tekanan osmotik. Pada metode *reverse osmosis*, kualitas dan kuantitas produk (*permeate*) atau hasil filtrasi dipengaruhi oleh kinerja dari membran yang digunakan. Beberapa parameter yang digunakan dalam pembuatan membran adalah flux permeat, hidrofilisitas, rijeksi garam, porositas serta ketahanan membran terhadap *fouling* (*mechanical stability*). Parameter tersebut dipengaruhi oleh jenis, komposisi, metode serta kondisi operasi yang dipilih.

Penggunaan membran *Cellulose Acetate* (CA) telah dimulai pada tahun 1959 sebagai pemisah. Penggunaan membran ini menunjukkan *Cellulose Acetate* dapat digunakan sebagai bahan membran desalinasi namun masih memiliki kekurangan yaitu fluks yang rendah dan tekanan operasi yang tinggi mencapai 1000 psi. *Cellulose Acetate* merupakan membran *reverse osmosis* pertama yang memiliki performa yang baik (Baker, 2004). *Polyethylene Glycol* (PEG) merupakan material yang bersifat hidrofilik yang dapat bertindak sebagai pembentuk pori, sehingga dapat digunakan sebagai bahan aditif untuk meningkatkan fluks. Namun sifat ini dapat menyebabkan rijeksi garam menurun (Arthanaresswaran dkk, 2010).

Penelitian membran desalinasi dengan menggunakan bahan *Cellulose Acetate* dan penambahan aditif *Polyethylene Glycol* menemukan bahwa komposisi terbaik membran CA/PEG dalam rijeksi garam adalah 80/20 % berat. Selain itu penggunaan

*Cellulose Acetate* rentan terhadap serangan mikroba yang dapat menyebabkan *fouling* pada permukaan membran. Agen anti-*fouling* seperti AgO, ZnO, TiO<sub>2</sub>, *fullerenes*, dan *carbon nanotubes* dapat digunakan untuk mencegah serangan mikrobiologi (Waheed dkk, 2004).

Penambahan TiO<sub>2</sub> pada membran berbahan *Polysulfone/Polyimide* memberikan hasil peningkatan fluks membran. Penambahan TiO<sub>2</sub> membuat struktur *Polyimide* semakin rapat namun tidak mengganggu aliran difusi ion (Mansourpanah, 2009). Nurkhamidah dkk (2016) telah melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh fungsionalisasi *Carbon Nanotube* (CNT) dan pengaruh penambahan TiO<sub>2</sub> pada membran berbahan dasar CA/PEG. Pada penelitian ini digunakan CNT dengan berat 0.0125 gram, 0.025 gram, 0.0375 gram dan 0.05 gram. CNT yang digunakan sebelumnya telah difungsionalisasi dengan HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (3:1, v/v). Untuk TiO<sub>2</sub> digunakan variasi berat 0.5 gram, 0.75 gram, 1 gram dan 1.25 gram. Hasil terbaik untuk membran CA/PEG/CNT diperoleh rijeksi garam 47.345% dan fluks 86.90 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>, sedangkan untuk membran CA/PEG/ TiO<sub>2</sub> diperoleh rijeksi garam 48.30% dan fluks 111.82 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>.

Dilihat dari hasil yang diperoleh rijeksi garam yang didapat masih tergolong rendah, dimana air laut pada umumnya memiliki kadar garam 3,5%, sehingga dengan penurunan kadar garam sebesar 48.3% maka air yang dihasilkan memiliki kadar garam sebesar 1.81% sedangkan menurut SNI kadar garam untuk air tawar adalah kurang dari 0,05%, sehingga belum memenuhi syarat air tawar.

Abedini dkk (2010) telah melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan TiO<sub>2</sub> pada membran *Cellulose Acetate* dengan menggunakan metode *blending*. Hasil penelitian menunjukkan performa membran CA/TiO<sub>2</sub> meningkat dengan penambahan TiO<sub>2</sub>, serta mendapatkan nilai terbaik pada perbandingan CA dan TiO<sub>2</sub> 80/20 % berat sebesar 47,60 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> dan uji *water content* menunjukkan dapat menyerap air hingga

76,14% berat. Sehingga hasil penelitian menunjukkan penambahan TiO<sub>2</sub> dengan metode *blending* dapat meningkatkan fluks dan hidrofilisitas. Selain itu digunakan perbandingan berat *Cellulose Acetate* 17,5% berat dan 82,5% berat pelarut n-methyl 2 pyrrolidone (NMP).

Pada penelitian sebelumnya belum pernah dilakukan modifikasi membran CA/PEG dengan penambahan TiO<sub>2</sub> menggunakan metode *blending*. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibandingkan efektivitas penambahan TiO<sub>2</sub> dengan metode *surface coating* dan *blending* pada membran CA/PEG.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian sebelumnya, diperoleh hasil bahwa modifikasi membran CA/PEG dengan penambahan TiO<sub>2</sub> menghasilkan rijeksi garam yang masih rendah yaitu 47,345%. Metode yang digunakan sebelumnya adalah *surface coating* sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas penggunaan metode *blending* pada penambahan TiO<sub>2</sub> dalam pembuatan membran CA/PEG/TiO<sub>2</sub>.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan membran *reverse osmosis* dengan menggunakan polimer CA dan PEG dengan tambahan TiO<sub>2</sub>.
2. Berat molekul PEG yang digunakan adalah 200 DA atau disebut PEG 200 dan berat molekul CA yang digunakan adalah 30.000 DA.
3. Air yang digunakan untuk uji kinerja membran adalah air laut sintesis dengan kandungan NaCl 5000 ppm.
4. Analisa karakterisasi yang digunakan adalah analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), analisa *water content*, analisa fluks

- permeat, analisa rijeksi garam dan permeabilitas membran.
5. Membran disintesa dengan metode *phase inversion*, dengan teknik modifikasi *surface coating* dan *blending*.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efektivitas penggunaan metode *surface coating* dan *blending* terhadap karakterisasi dan kinerja membran CA/PEG/TiO<sub>2</sub> untuk proses desalinasi.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai data referensi penelitian dalam bidang membran desalinasi serta ikut berpartisipasi memajukan perbendaharaan penelitian membran desalinasi agar selanjutnya dapat diaplikasikan dan bermanfaat bagi masyarakat.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Definisi Membran**

Membran didefinisikan sebagai film tipis semipermeable yang digunakan pada proses pemurnian dan pemisahan dua fase (Mulder, 1996). Teknologi membran merupakan pemisahan yang efektif dan ramah lingkungan untuk memproduksi air bersih (Song dkk, 2015). Teknologi membran memiliki beberapa kelebihan seperti sifat modular yang dapat diaplikasikan baik dalam skala kecil maupun besar, memproduksi air dengan kualitas yang tinggi, serta membutuhkan konsumsi energi yang rendah (Goh dkk, 2013). Berdasarkan perbedaan ukuran pori, membran diklasifikasikan menjadi beberapa jenis:

a. **Mikrofiltrasi**

Membran jenis mikrofiltrasi memiliki ukuran pori dengan range dari 10 – 0.05  $\mu\text{m}$ , yang dapat digunakan untuk menahan partikel tersuspensi serta emulsi. Lemak serta partikel-partikel kecil seperti mikroorganisme akan tertahan pada membran sedangkan senyawa, makromolekul (protein, karbohidrat, gula, garam mineral dan air tidak tertahan pada membran (Mulder, 1996).

b. **Ultrafiltrasi**

Membran jenis ultrafiltrasi memiliki ukuran pori dengan range 0.05  $\mu\text{m}$  – 1 nm. Ultrafiltrasi digunakan untuk menahan makromolekul dan koloid pada larutan sedangkan semua garam terlarut dan molekul yang lebih kecil akan melewati membran. Membran ultrafiltrasi terdiri dari dua jenis produk yaitu permeat dan retentat. Permeat mengandung komponen yang lebih kecil yang sanggup melewati membran sedangkan retentat mengandung endapan (Mulder, 1996).

c. **Nanofiltrasi**

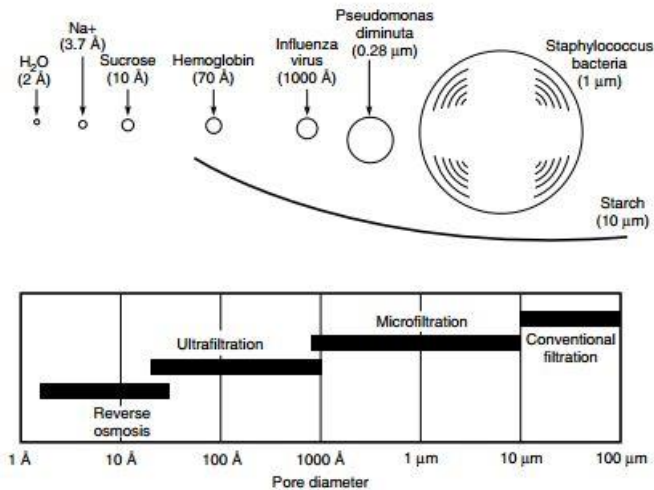
Membran jenis nanofiltrasi memiliki ukuran pori sekitar 0.001  $\mu\text{m}$ . Membran nanofiltrasi dapat memisahkan air



dari padatan terlarut, bakteri dan virus namun tidak dapat memisahkan ion seperti Na dan K. Membran nanofiltrasi hanya dapat mengolah air baku menjadi air tawar dan tidak dapat mengolah air baku menjadi air minum (Rendik, 2011).

d. *Reverse Osmosis*

*Reverse Osmosis* merupakan proses pengurangan kadar garam menggunakan membran yang permeabel terhadap air tetapi kedap terhadap garam. Air bertekanan yang mengandung garam terlarut akan berkontak dengan sisi membran. Proses *reverse osmosis*, menghilangkan kandungan garam serta zat organik, telah digunakan di berbagai bidang seperti desalinasi untuk air laut, produksi air bersih dan pengolahan limbah. Pada proses *reverse osmosis*, digunakan air umpan bertekanan pada satu sisi membran. Tekanan air umpan yang digunakan harus lebih tinggi dibanding tekanan osmotik untuk membuat osmosis balik aliran air (Zhao dkk, 2017). Teknologi *reverse osmosis* telah menjadi teknologi penting untuk memproduksi air tawar yang memiliki desain dan pengoperasian yang mudah. Selain itu *reverse osmosis* memiliki penggunaan energi yang paling efisien untuk desalinasi air laut (Zhao dkk, 2017). Membran *reverse osmosis* memiliki ukuran pori persepuluh ribu micron sehingga dapat menghilangkan zat organik, bakteri, pirogen serta koloid yang tertahan pada permukaan membran (Metcalf dkk, 2004).



(Baker, 2004)

**Gambar 2.1** Perbandingan ukuran relatif zat terlarut yang akan dipisahkan berdasarkan jenis membran.

## II.2 Bahan Baku Pembuatan Membran

### II.2.1 *Cellulose Acetate* (CA)

*Cellulose Acetate* memiliki rumus molekul  $(C_6H_7O_2(CH_3COO)_3)_x$ . *Cellulose Acetate* merupakan sebuah polimer yang paling pertama ditemukan yang memiliki performa yang baik dalam *reverse osmosis*, sehingga sering digunakan dalam teknologi membran. Kelebihan *Cellulose Acetate* sebagai material membran adalah mudah untuk digunakan, kuat, dan tahan terhadap degradasi oleh klorin dan oksidan lainnya. *Cellulose Acetate* bisa mentoleransi hingga 1 ppm klorin, sehingga klorinasi dapat digunakan dalam mensterilkan *feed*, hal ini memberikan keuntungan apabila *feed* membawa kandungan banyak bakteri (Baker, 2004). Selain itu sifatnya memiliki rijeksi garam yang tinggi, kombinasi yang jarang ada pada material membran lainnya, mudah untuk di produksi, dan bahan mentahnya merupakan

sumber yang dapat diperbaharui (*renewable*). Sedangkan kekurangan dari CA bersifat *biodegradable* dan sangat rentan terhadap mikroba yang terdapat di alam (Wenten, 1999). *Cellulose Acetate* bersifat hidrofilik namun mempunyai sifat seperti kristalin dan tidak mudah larut dalam air. Hal tersebut disebabkan oleh sifat kristalinitas dan ikatan hidrogen intermolekuler antara gugus hidroksil (Mulder, 1996). Selain itu *Cellulose Acetate* biasanya digunakan pada rentang pH 4-6 dimana membran berada pada kondisi stabil dan digunakan tidak melebihi suhu 35°C (Baker, 2004).

Selain dalam teknologi membran, *Cellulose Acetate* juga digunakan untuk berbagai macam hal, yaitu sebagai bahan untuk pembutaan benang tenunan dalam industri tekstil, sebagai filter pada rokok, bahan untuk lembaran-lembaran plastik, film, dan juga cat. Oleh karena itu, *Cellulose Acetate* merupakan bahan industri yang cukup penting peranannya (Kirk & Othmer, 1977).

Karakteristik *Cellulose Acetate* yaitu berwarna putih, berbau menyengat, hambar dan tidak beracun. Selain itu, pemilihan pelarut yang tepat akan memberi hasil yang baik pada hasil aplikasi. Pada pembuatan membran, *Cellulose Acetate* dilarutkan dalam suatu pelarut dengan kelarutan yang tinggi. *Cellulose Acetate* dapat larut dalam *acetone*, *formamide*, *dimetilformamide* (DMF), *dimetilsulfoksida* (DMSO), *N-methyl-2-pyrrolidone* (NMP), *dioxane* dan *acetic acid* (Guillotin dkk, 1976). Jenis pelarut yang digunakan sangat menentukan struktur membran yang terbentuk (Fane dkk, 2011).

### **II.2.2 Polyethylene Glycol (PEG)**

*Polyethylene Glycol* merupakan salah satu zat aditif yang sering ditambahkan pada pembuatan membran. PEG berfungsi sebagai agen pembentuk pori pada membran

sehingga struktur pori lebih rapat dan membran yang dihasilkan semakin optimal.

*Polyethylene Glycol* bersifat hidrofilik dan berfungsi untuk meningkatkan kecenderungan pembentukan pori pada membran. Penambahan PEG dapat meningkatkan *flux water* namun tidak untuk *salt rejection* nya. Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya pembentukan *macro void* pada membran dimana garam terikut bersama dengan air. Selain itu, penambahan PEG meningkatkan tingkat difusi air karena sifat hidrofilik yang dimilikinya (Ahmad dkk, 2015).

### II.2.3 Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ )

*Titanium dioxide* adalah zat anorganik padat berwarna putih yang memiliki kestabilan thermal, tidak mudah terbakar, larut dan tidak diklasifikasikan sebagai bahan berbahaya *United Nations* (UN).  $\text{TiO}_2$  biasanya dianggap sebagai kimia inert. Untuk memperoleh nanomaterial  $\text{TiO}_2$  yang optimal maka ukuran partikel  $\text{TiO}_2$  harus kurang dari 100 nm.

*Titanium dioxide* memiliki banyak kegunaan. Salah satunya adalah dalam pembuatan membran.  $\text{TiO}_2$  pada membran digunakan untuk meningkatkan *water permeability*, porositas, hidrofilisitas, properti mekanis dan properti *antifouling* (Esfahani dkk, 2015). Aplikasi  $\text{TiO}_2$  pada pembuatan membran menyebabkan *cross-section* sehingga terjadi perubahan dari *macrovoid* menjadi berbentuk pori seperti spons.

## II.3 Teknik Pembuatan Membran

Teknik-teknik yang digunakan pada proses pembuatan membran antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching* dan inversi fasa. Proses pembuatan membran filtrasi umumnya menggunakan metode inversi fasa (*phase inversion*) yaitu perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi fasa padatan (Wenten,

1999). Proses solidifikasi atau pemadatan diawali dengan perubahan dari fase satu *liquid* menjadi fase dua *liquid* (*liquid-liquid demixing*). Pada tahap *demixing*, salah satu dari fase *liquid* (fase polimer dengan konsentrasi tinggi) akan membentuk padatan sehingga diperoleh matriks padatan. Proses inversi fasa antara lain pengendapan dengan evaporasi pelarut, pengendapan dengan mengontrol proses evaporasi, *Thermal precipitation*, Pengendapan fase uap serta Pengendapan imersi. Namun yang paling umum digunakan dari inversi fasa adalah pengendapan imersi (*immersion precipitation*) (Mulder, 1996).

Pengendapan imersi (*immersion precipitation*) adalah metode umum digunakan dalam teknologi membran. Larutan polimer dicetak dalam suatu tempat dan dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang mengandung nonpelarut. Pengendapan terjadi karena adanya pertukaran pelarut dan nonpelarut. Syarat untuk membuat membran dengan metode ini adalah polimer yang digunakan harus larut pada pelarutnya atau campurannya. Syarat ini digunakan agar diperoleh *liquid-liquid demixing*. Demixing ini merupakan proses awal pemadatan untuk membentuk membran dan akan terjadi pertukaran pelarut dengan nonpelarut pada membran tersebut. Pertukaran pelarut tersebut membuat menyebabkan polimer membentuk matriks padatan dan menjadi membran. Proses demixing dibedakan menjadi dua mekanisme:

1. *Instantaneous demixing*; merupakan demixing yang terjadi setelah polimer dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang berisi nonpelarut. Mekanisme ini digambarkan ke dalam diagram tiga fase, maka terlihat kurva memotong bimodal. Bimodal adalah garis kesetimbangan dua fase. Jika mekanisme *instantaneous demixing* terjadi maka membran yang terbentuk adalah membran berpori.

2. *Delayed demixing*; merupakan demixing yang terjadi beberapa saat setelah polimer dicelupkan ke dalam bak koagulasi. Mekanisme ini tidak memotong bimodal pada diagram tiga fase. Membran yang terbentuk adalah membran tidak berpori (Murder, 1996)

Jika dibandingkan dengan teknik yang lain, inversi fasa mempunyai kelebihan diantaranya mudah dilakukan, pembentukan pori dapat dikendalikan dan dapat digunakan pada berbagai macam polimer (Wenten, 1999).

Parameter yang digunakan dalam pembentukan struktur membran dengan teknik inversi fasa diantaranya adalah pemilihan jenis polimer, konsentrasi polimer, waktu penguapan dan komposisi larutan polimer.

## **II.4 Teknik Modifikasi Permukaan Membran**

### **II.4.1 Modifikasi *Surface Coating***

Permukaan membran dimodifikasi dengan melapisi permukaan polimer A dengan lapisan tipis polimer B. Lapisan tipis didapatkan dengan menguapkan solven polimer B (khulbe,2009).

### **II.4.2 Modifikasi *Blending***

Modifikasi dilakukan dengan mencampurkan dua buah polimer untuk membentuk material baru dimana diharapkan material ini memiliki kualitas yang lebih baik. Terutama dibagian hidrofilisitas, anti fouling, dan stabilitas fisis-kimiawi (Sun,2013).

## **II.5 Karakterisasi Membran**

### **II.5.1 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)***

*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi material yang tidak diketahui, mengetahui kualitas sampel, dan mengetahui ikatan gugus fungsional yang dimiliki oleh suatu

sampel. Melalui radiasi Infrared yang ditembakkan ke permukaan sampel, maka radiasi infrared akan terserap dan sebagian lainnya akan diteruskan. Hasil pengujian akan menampilkan grafik yang memiliki *peak*, menyatakan jumlah dari ikatan tertentu yang ada pada sampel. Metode spektroskopi memiliki peran penting dalam karakterisasi polimer. Penggunaan spektroskopi seperti inframerah sangat penting untuk mengetahui struktur molekul dari suatu membran.

### **II.5.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)**

Analisa SEM digunakan untuk mengetahui struktur morfologi suatu membran. Pengukuran permukaan sampel dilakukan dengan menembakkan sinar electron dalam ruang hampa. Electron sekunder akan terlepas dari permukaan dan terdeteksi. Kondisi ini memerlukan persiapan sampel, pengeringan dan pelapisan permukaan dengan lapisan konduktif. Dari Analisa SEM yang dilakukan, ukuran pori dan porositas dapat diperkirakan (Mulder, 1996).

### **II.5.3 X-Ray Diffraction (XRD)**

Analisa XRD digunakan untuk mengetahui komposisi  $\text{TiO}_2$  dalam membran. Selain itu metode analisa XRD dapat digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Selain untuk menunjukkan tingkat kristalinitas suatu padatan, difraksi sinar x juga dapat digunakan untuk mengetahui diameter kristal. Ukuran kristal yang mungkin diukur adalah 3-50 nm. Ukuran kristal yang diperoleh merupakan diameter rata-rata volum berat  
([http://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/techniques/XRD.html](http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRD.html)).

#### II.5.4 Pengukuran *Water Content*

Analisa *water content* dilakukan untuk mengetahui hidrofilisitas suatu membran. Membran yang memiliki hidrofilisitas yang tinggi memiliki penyerapan yang lebih tinggi dibandingkan yang kurang hidrofilis. Analisa dilakukan dengan dengan perendaman membran dalam waktu tertentu. Kemudian untuk mendapatkan *water content*, dilakukan pengurangan antara berat basah dengan berat kering.

#### II.5.5 Perhitungan *Water Flux*

*Water flux* merepresentasikan jumlah *pure water* yang diperoleh per satuan waktu dan per satuan luas pada tekanan tertentu. *Water flux* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$J = \frac{Q}{A \times t}$$

Dimana J adalah *water flux* (L/jam.m<sup>2</sup>), Q adalah jumlah *pure water* yang diperoleh, A adalah luas area membran (m<sup>2</sup>) dan t adalah waktu (jam) (Ahmad dkk, 2015).

#### II.5.6 Perhitungan *Salt Rejection*

*Salt rejection* didefinisikan sebagai rasio perbedaan antara konsentrasi *solute* pada *feed water* dengan *pure water* yang diperoleh. Untuk menghitung *salt rejection* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\%$$

Dimana R adalah *salt rejection* (%), C<sub>p</sub> adalah konsentrasi *solute* pada produk (*pure water*), C<sub>f</sub> adalah konsentrasi *solute* dalam *feed water* (Ahmad dkk, 2015).

#### II.5.7 Perhitungan Permeabilitas Membran

Permeabilitas membran merupakan tingkat kemampuan membran dalam melewatkan air. Membran



yang memiliki tingkat permeabilitas membran yang tinggi akan berpengaruh terhadap laju permeat. Permeabilitas membran dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$J = P_m \times (P_{op} - P_{os})$$

Dimana J adalah *water flux* permeat,  $P_m$  adalah permeabilitas membran,  $P_{op}$  adalah tekanan operasi dan  $P_{os}$  adalah tekanan osmotik (Arthanareeswaran, 2014).

## II.6 Penelitian Sebelumnya

**Tabel 2.1** Penelitian Sebelumnya

No	Peneliti	Judul	Keterangan
1	Arthanareeswaran, G.; Thanikaivelan, P.; Srinivasn, K.; Mohan, D.; Rajendran, M. <b>2004</b>	<i>Syntesis Characterization and Thermal Studies on Cellulose Acetate Membranes with Additive</i>	Membran <i>cellulose acetate</i> dengan modifikasi penambahan <i>polyethylene glycol</i> , peningkatan jumlah PEG meningkatkan fluks dan pori namun rijeksi menurun
2	Li, J.; Xu, Z.; Yang, H.; Yu, L.; Liu, M. <b>2009</b>	<i>Effect of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles on the Surface Morphology and Performance of Microporous PES Membrane</i>	Fluks permeat meningkat hingga penambahan TiO <sub>2</sub> sebesar 3 % berat pada membran <i>polyethersulfone</i> (PES)
3	Nurkhamidah, S.; Rahmawati, Y.; Taufany, F.; Merta, I. M. P. A.; Putra, D.D.D.; Woo, E.M. <b>2015</b>	<i>Syntesis of Polymeric Membrane for Desalination Process</i>	Pembuatan membran desalinasi terbaik pada komposisi CA/PEG 80/20

<b>4</b>	Nurkhamidah, S.; Rahmawati, Y.; Taufany, F.; Alifianti, P; Priambodo, K.D.; Woo, E.M. <b>2016</b>	<i>Modification of CA/PEG membrane with inorganic nanoparticle for desaliantion</i>	Pembuatan membran CA/PEG/TiO <sub>2</sub> terbaik pada komposisi 80/20/1,25 <sup>g</sup> / <sub>l</sub> solvent dengan penambahan TiO <sub>2</sub> menggunakan metode <i>surface coating</i>
----------	--	---	--

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

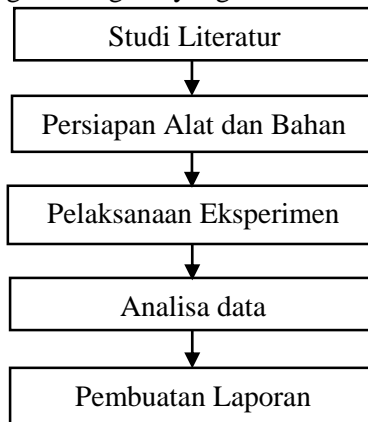
## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **III.1 Garis Besar Penelitian**

Eksperimen pada penelitian ini menggunakan bahan baku seperti *Cellulose Acetate*, *Polyethylene Glycol*,  $\text{TiO}_2$ , dan Aseton. Eksperimen meliputi pembuatan membran dan analisa karakterisasi membran. Pembuatan membran dilakukan dengan menggunakan metode *phase inversion*, modifikasi dengan metode *surface coating* dan *blending*, sedangkan uji karakterisasi yang dilakukan yaitu analisa morfologi membran, ikatan gugus fungsional, fluks permeat, rijeksi garam dan permeabilitas. Analisa morfologi membran bertujuan untuk mengetahui struktur morfologi permukaan membran yang telah dibuat dengan melihat porinya, analisa ini menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Analisa ikatan gugus fungsional bertujuan untuk mengetahui adanya ikatan hidrogen dari membran yang telah dibuat dengan analisa *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Analisa kristal  $\text{TiO}_2$  menggunakan analisa *X-Ray Diffraction* (XRD).

Maka langkah-langkah yang dilakukan adalah



**Gambar. 3.1** Langkah Penelitian

### III.2 Bahan yang digunakan

1. *Cellulose Acetate*, Sigma Aldrich  
*Acetyl Content* = 39,8 %  
Berat Molekul = 30000 Da
2. *Polyethylene Glycol*, Sigma Alrich  
Titik Leleh = -65 °C  
Berat Molekul = 200 Da
3. *Titanium Dioxide*, Sigma Aldrich  
Ukuran Partikel =  $\leq 25$  nm  
*Surface Area* = 10-50  $\mu\text{m}$   
*Purity* = >95wt%  
*Trace Metal Analysis* = <1,5wt%
4. Aseton Teknis (99,5%)
5. Garam NaCl, Merck  
M = 58,44 g/mol
6. Aquades

### III.3 Alat yang digunakan

1. Botol Sampel 50 ml
2. Pipet Ukur 25 ml
3. Gelas Arloji
4. *Hotplate* + *Stirrer*
5. *Magnetic Stirbar* 2,5 cm
6. Timbangan
7. *Mold*
8. Alat Uji Desalinasi
9. *Coagulation Bath*
10. *Scotlite*
11. Kertas Saring

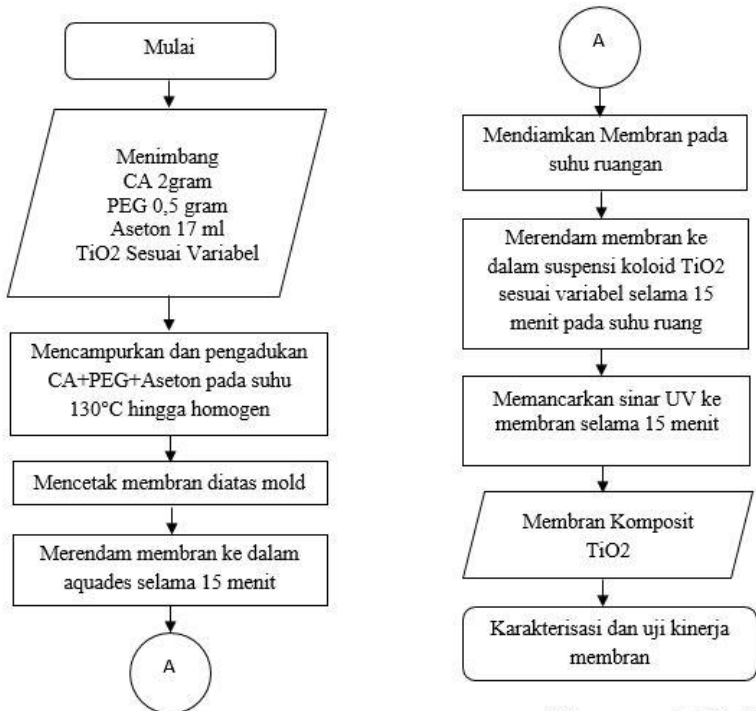
### III.4 Prosedur Penelitian

#### III.4.1 Prosedur Pembuatan Membran

##### 1. Pembuatan dengan Metode *Surface Coating*

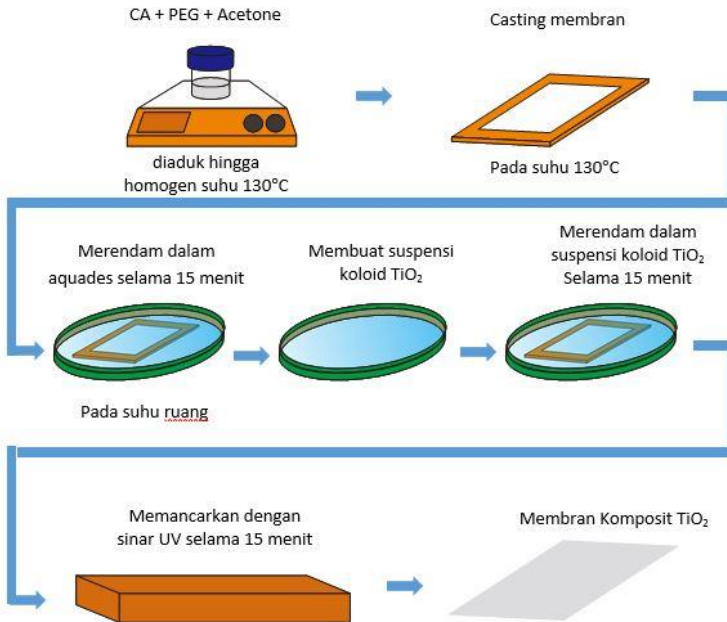
- Menimbang CA dan PEG masing-masing sebanyak 2 gram dan 0,5 gram

- Mengambil 17 ml aseton dan  $\text{TiO}_2$  sesuai Variabel
- Mencampur CA, PEG, dan aseton dengan pengadukan konstan pada suhu  $130^\circ\text{C}$  hingga homogen
- Mencetak membran menggunakan *mold*
- Merendam membran dalam aquades selama 15 menit pada suhu ruang.
- Mencelupkan membran dalam suspensi koloid  $\text{TiO}_2$  sesuai variabel selama 15 menit
- Memancarkan sinar UV selama 15 menit
- Mendinginkan membran pada suhu ruang



(Mansourpanah dkk, 2009)

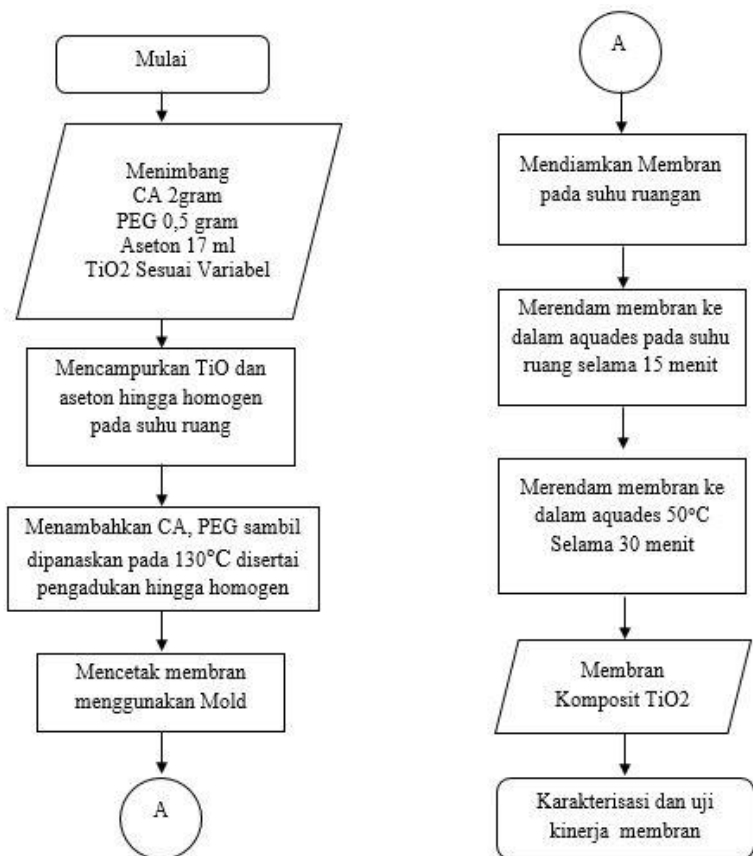
**Gambar 3.2** *Flowchart Metode Surface Coating*



**Gambar 3.3** Skema Metode *Surface Coating*

## 2. Pembuatan dengan Metode *Blending*

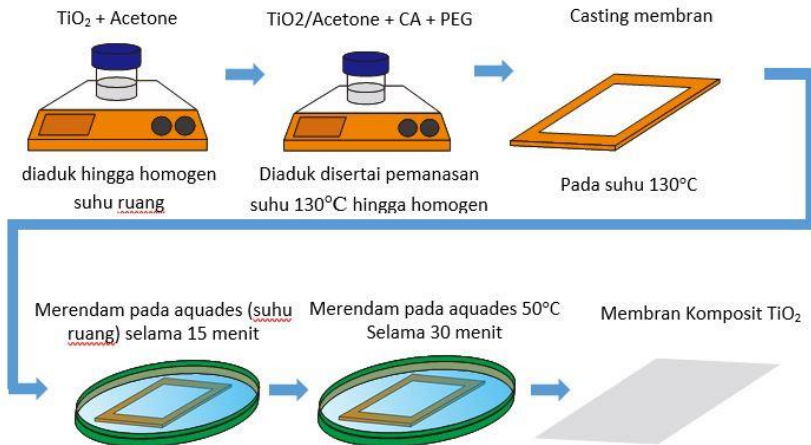
- Menimbang  $\text{TiO}_2$  sesuai variabel
- Mengambil 17 ml aseton
- Mencampur  $\text{TiO}_2$  dan aseton hingga homogen pada suhu ruang
- Menambahkan CA dan PEG masing-masing 2 gram dan 0,5 gram, sambil dipanaskan pada suhu  $130^\circ\text{C}$  disertai pengadukan hingga homogen
- Mencetak membran menggunakan mold
- Merendam membran dalam aquades pada suhu ruang selama 15 menit
- Merendam membran dalam aquades  $50^\circ\text{C}$  selama 30 menit
- Mendinginkan membran pada suhu ruang



(Abedini dkk, 2011)

**Gambar 3.4** *Flowchart Metode Blending*





**Gambar 3.5** Skema Metode *Blending*

### III.4.2 Prosedur Analisa

#### 1. Analisa Struktur Morfologi

- Merendam membran kedalam nitrogen cair, kemudian membran dipatahkan
- Meng-*coating* membran dengan Au-Pd
- Menganalisa sampel dengan mesin SEM

#### 2. Analisa Gugus -OH

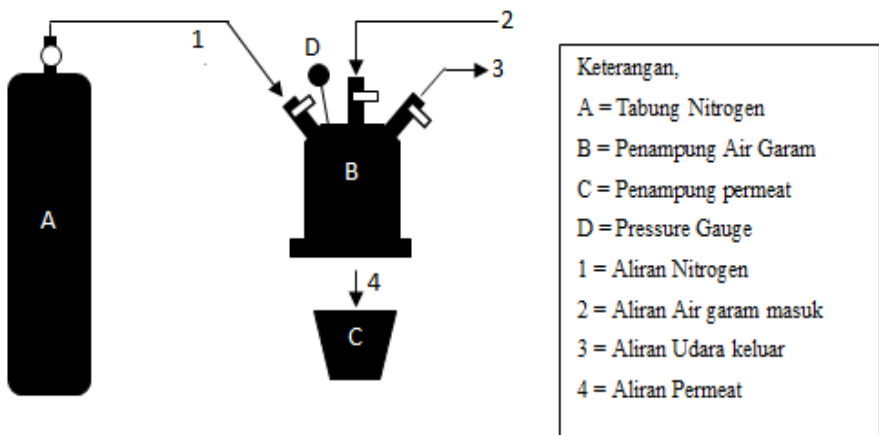
- Membran dimasukkan ke dalam alat FTIR dan dianalisa
- Membaca grafik yang terbentuk untuk mengamati gugus OH

#### 3. Analisa *water content*

- Mengitung berat kering membran
- Merendam membran dalam aquades selama 15 detik
- Menghitung berat basah membran
- Mengurangi berat basah dengan berat kering membran

#### 4. Analisa Fluks Permeat, Rijeksi Garam, dan Permeabilitas membran

- Menyiapkan alat uji desalinasi
- Memasukkan 5000 ppm air garam ke alat uji desalinasi
- Mengalirkan nitrogen ke tabung penampung air garam hingga tekanan mencapai 3 bar, tekanan dijaga selama 5 jam
- Air garam yang keluar dari alat uji desalinasi ditampung di dalam gelas ukur, kemudian dianalisa kadar garamnya dengan alat konduktometer
- Menghitung fluks permeat, rijeksi garam, dan permeabilitas



Gambar 3.6 Skema Alat Desalinasi

#### 5. Analisa XRD

- Membran dimasukkan kedalam alat XRD dan dianalisa
- Membaca grafik yang terbentuk

### III.4.3 Perhitungan Fluks dan Rijeksi Garam

#### 1. Perhitungan Fluks Permeat

$$J = \frac{Q}{A \times t}$$

Dimana,

J = Fluks Permeat (L/m<sup>2</sup>.h)

Q = Jumlah Permeat (Liter)

A = Luas Membran (m<sup>2</sup>)

T = Waktu (Jam)

Hasil dari uji desalinasi didapatkan jumlah volume permeat yang didapatkan per satuan waktu, luas membran yang digunakan, serta waktu yang digunakan untuk uji. Sehingga dengan menggunakan data yang ada dapat diolah untuk mendapatkan nilai flux permeat. Flux permeat menunjukkan kemampuan air untuk melewati membran.

#### 2. Perhitungan Rijeksi Garam

Hasil permeat yang didapatkan dari alat uji desalinasi dianalisa menggunakan alat konduktometer untuk mengetahui kandungan garam yang ada pada permeat. Kemudian data yang didapat digunakan untuk menghitung rijeksi garam

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\%$$

Dimana,

R = *salt rejection* (%),

C<sub>p</sub> = kadar garam pada permeat (ppm)

C<sub>f</sub> = kadar garam pada *feed* (ppm)

Hasil yang didapat merupakan kemampuan membran untuk melakukan penyaringan, semakin tinggi nilai rijeksi garam maka semakin baik kualitas membran.

### 3. Perhitungan Permeabilitas Membran

$$Pm = \frac{J}{\Delta P}$$

Dimana,

Pm = Permeabilitas Membran (L/m<sup>2</sup>.h.bar)

J = Fluks Permeat (L/m<sup>2</sup>.h)

ΔP = Beda tekanan operasi dan osmotik (bar)

Hasil dari perhitungan permeabilitas membran menunjukkan tingkat kemampuan membran dalam meloloskan molekul air, semakin tinggi nilai permeabilitas maka akan semakin baik nilai *water flux* permeat.

## III.5 Variabel Penelitian

### III.5.1 Pembuatan membran CA/PEG/TiO<sub>2</sub> Metode

#### *Surface Coating*

#### 1. Konsisi yang ditetapkan

- Massa *Cellulose Acetate* = 2 gram
- Massa *Polyethylene Glycol* = 0,5 gram
- Volume Aseton = 17 ml
- Suhu Pencampuran = 130°C
- Ketebalan Membran = 200 μm
- Suhu *Casting* Membran = 130°C
- Suhu perendaman = suhu ruang

#### 2. Variabel

- Massa TiO<sub>2</sub> dalam suspensi koloid  
( 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5)

**Tabel 3.1** Penamaan Membran Metode *Surface Coating*

No.	Komposisi TiO <sub>2</sub> (g)	Nama Variabel
1	0	CPTS- 0
2	0.25	CPTS- 1
3	0.5	CPTS- 2
4	0.75	CPTS- 3
5	1	CPTS- 4
6	1.25	CPTS- 5
7	1.5	CPTS- 6

### 3. Variabel Respon

- Morfologi Membran
- Gugus –OH
- *Water content*
- Kristal TiO<sub>2</sub>
- Fluks Permeat
- Rijeksi Garam
- Permeabilitas

## III.5.2 Pembuatan membran CA/PEG/TiO<sub>2</sub> Metode *Blending*

### 1. Konsisi yang ditetapkan

- Massa *Cellulose Acetate* = 2 gram
- Massa *Polyethylene Glycol* = 0,5 gram
- Volume Aseton = 17 ml
- Suhu Pencampuran TiO<sub>2</sub> + Aseton = suhu ruang
- Suhu Pencampuran TiO<sub>2</sub>/Aseton + CA/PEG = 130°C
- Ketebalan Membran = 200  $\mu$ m
- Suhu Casting Membran = 130°C
- Suhu perendaman pertama = suhu ruang
- Suhu perendaman kedua = 50°C

## 2. Variabel

- Massa  $\text{TiO}_2$  dalam pencampuran CA/PEG ( 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5)

**Tabel 3.2** Penamaan Membran dengan Metode *Blending*

No.	Komposisi $\text{TiO}_2$ (g)	Nama Variabel
1	0	CPTB- 0
2	0.25	CPTB- 1
3	0.5	CPTB- 2
4	0.75	CPTB- 3
5	1	CPTB- 4
6	1.25	CPTB- 5
7	1.5	CPTB- 6

## 3. Variabel Respon

- Morfologi Membran
- Gugus –OH
- *Water content*
- Kristal  $\text{TiO}_2$
- Fluks Permeat
- Rijeksi Garam
- Permeabilitas

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penggunaan metode *surface coating* dan *blending* terhadap karakterisasi dan kinerja membran untuk desalinasi air. Penelitian ini menggunakan nanopartikel *Titanium Dioxide* ( $\text{TiO}_2$ ) sebagai bahan yang digunakan untuk meningkatkan karakterisasi dan kinerja membran, sedangkan membran yang diinginkan adalah membran *Reverse Osmosis*. Eksperimen dimulai dengan pembuatan membran kemudian dilanjutkan dengan menguji peforma membran. Metode modifikasi yang digunakan adalah *surface coating* dan *blending*. Analisa karakterisasi membran meliputi analisa morfologi membran, analisa gugus fungsional dan *water content*. Sedangkan analisa kinerja membran meliputi *salt rejection*, *water content*, dan permeabilitas.

Pembuatan membran menggunakan komposisi *Cellulose Acetate* (CA) dan Polyethylene Glycol (PEG) 80:20 dengan masing-masing CA sebanyak 2 gram dan PEG sebanyak 0.5 gram. Pelarut atau *solvent* yang digunakan adalah Aseton sebanyak 17 ml, sedangkan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  dibuat bervariasi yaitu 0.25; 0.5; 0.75; 1; 1.25; 1.5 gram serta membran CA/PEG tanpa penambahan  $\text{TiO}_2$  sebagai membran pembanding. Air garam yang digunakan adalah air garam sintesis dengan konsentrasi 5000 ppm.

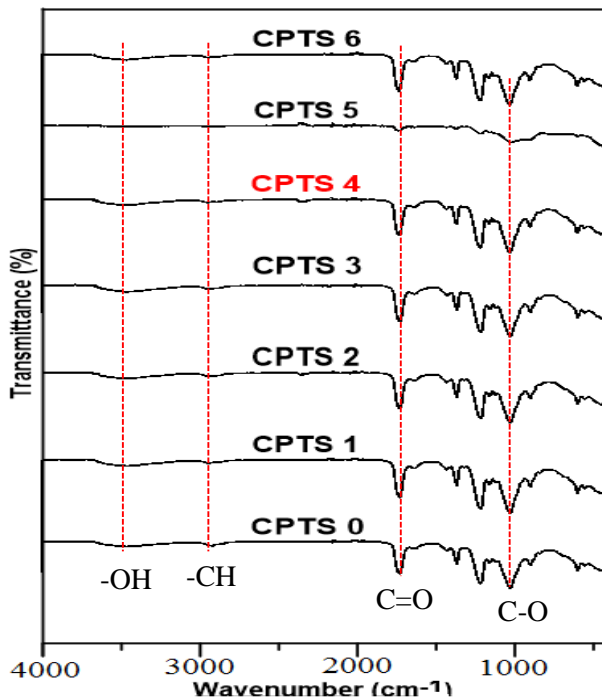
#### **IV.1 Pengaruh Penambahan $\text{TiO}_2$ dengan Metode *Surface Coating***

##### **IV.1.1 Analisa *Fourier Transformed InfraRed* (FTIR)**

Analisa FTIR pada membran bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional yang terdapat pada membran. Sinar inframerah yang digunakan akan diradiasikan pada suatu senyawa. Sebagian sinar inframerah akan diserap, sedangkan sebagian besarnya lagi akan diteruskan, selanjutnya akan terbaca sebagai *transmittance*. Setiap gugus fungsi menyerap cahaya pada intensitas tertentu,

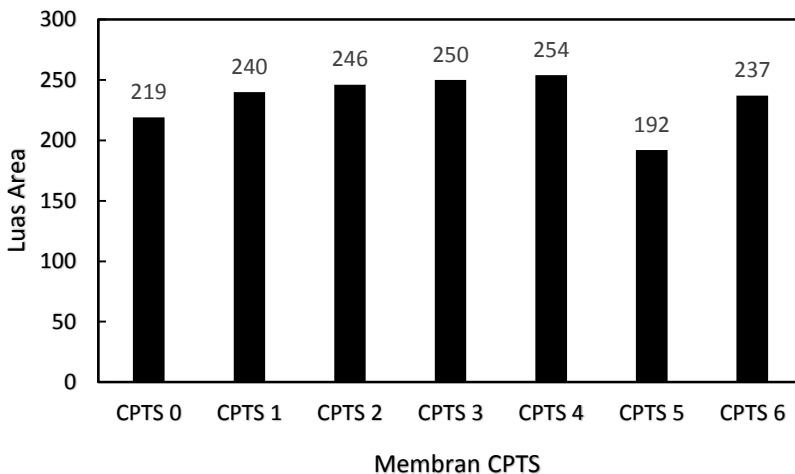


kemudian hal ini digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang ada pada suatu senyawa.



**Gambar 4.1** Hasil Analisa FTIR Membran CPTS

Berdasarkan analisa FTIR untuk membran CPTS diperoleh gugus -OH pada panjang gelombang 3440 cm<sup>-1</sup>, gugus -CH pada panjang gelombang 2900 cm<sup>-1</sup>, gugus C=O pada panjang gelombang 1700 cm<sup>-1</sup> dan gugus C-O pada panjang gelombang 1050 cm<sup>-1</sup>. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Adan Ahmad dkk tahun 2015 bahwa gugus -OH berada pada *wavenumber* kisaran 3469 cm<sup>-1</sup>, -CH pada 2877 cm<sup>-1</sup>, C=O pada 1739 cm<sup>-1</sup> dan C-O pada *wavenumber* 1035 cm<sup>-1</sup>.

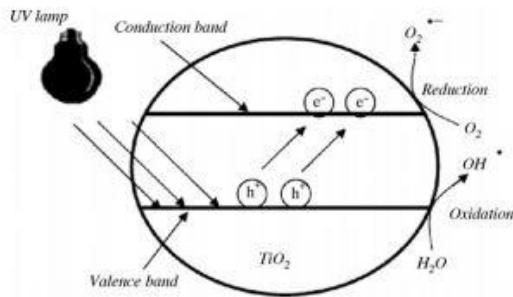


**Gambar 4.2** Luas Area *Peak* –OH Membran CPTS dari Analisa FTIR

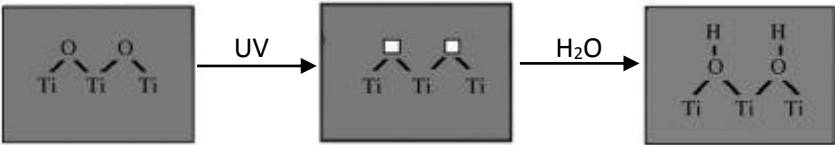
Hasil analisa FTIR membran CPTS menunjukkan peningkatan jumlah pada gugus –OH yang ditunjukkan dengan meningkatnya luas *peak* pada panjang gelombang –OH. **Gambar 4.2** menunjukkan luas area *peak* gugus-OH membran dengan berbagai komposisi. Luas area *peak* gugus –OH masing-masing variabel meningkat seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  hingga variabel CPTS 4, kemudian mengalami penurunan pada penambahan variabel CPTS 5 dan CPTS 6. Secara umum luas *peak* gugus-OH mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan membran CPTS 0. Peningkatan luas area *peak* gugus-OH menunjukkan terjadinya peningkatan hidrofilisitas pada membran. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Milad Rabbani dkk pada tahun 2015, bahwa hidrofilisitas dapat diukur dengan peningkatan jumlah pada gugus –OH.

Meningkatnya jumlah gugus hidroksil disebabkan oleh reaksi fotokatalitis yang terjadi pada membran, sebagaimana yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3**. Membran CA/PEG dimodifikasi

dengan merendam membran menggunakan larutan  $\text{TiO}_2$  dengan berbagai komposisi. Kemudian membran disinari dengan sinar ultraviolet (UV) selama 15 menit. Reaksi fotokatalitis dimulai dengan ditembakkannya elektron yang dihasilkan oleh sinar UV pada permukaan membran. Elektron nantinya akan membentur foton dan menyebabkan terjadinya promosi elektron yang menyebabkan terciptanya *free photoelectrons* dan *photoholes* (E. Bet-Moushul dkk, 2016). *Photo-generated electrons* selanjutnya bereaksi dengan molekul oksigen dan terciptanya anion superoksida radikal ( $\text{O}_2^-$ ). *Photo-generated holes* bereaksi dengan air di lingkungan dan membentuk ( $\text{OH}$ ) radikal (Rahimpour dkk, 2008).



**Gambar 4.3** Mekanisme reaksi fotokatalitis (rahimpour dkk, 2008)



**Gambar 4.4** Mekanisme reaksi *superhydrophilicity* (Rahimpour dkk, 2008)

Fenomena lain yang terjadi adalah *superhydrophilicity* (**Gambar 4.4**), mekanisme yang terjadi dimulai dari *photo-generated electrons* yang akan mereduksi kation Ti (IV) menjadi Ti(III) dan rongga akan mengoksidasi anion  $O_2^-$ . Atom oksigen akan terlempar keluar dari ikatan sehingga tercipta ruang kosong di permukaan, Molekul air di permukaan akan mengisi ruang kosong dan gugus -OH terbentuk di permukaan (rahimpour dkk, 2008).

Gugus -OH yang terbentuk akan mempengaruhi hidrofilisitas pada membran. Polaritas gugus hidroksil mampu berinteraksi dengan molekul air akibat gaya *van der waals* dan ikatan hidrogen (Mansourpanah dkk, 2009). Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Madaeni dkk tahun 2015, menjelaskan bahwa proses tersebut akan meningkatkan hidrofilisitas sehingga jumlah air yang melalui membran akan meningkat.

#### IV.1.2 Analisa Water Content

Analisa *water content* pada sampel membran dengan menggunakan metode *surface coating*, menunjukkan bahwa *water content* pada membran dengan penambahan  $TiO_2$  meningkat, jika dibandingkan dengan sampel yang tidak mengandung  $TiO_2$ .

**Tabel 4.1** Hasil Analisa *Water Content* Membran CPTS

No	Jenis Membran	Water Content (gram/15detik)	Peningkatan (%)
1	CPTS-0	0,01743	
2	CPTS-1	0,0177	1,5
3	CPTS-2	0,02443	40,2
4	CPTS-3	0,02627	50,7
5	CPTS-4	0,033	89,3
6	CPTS-5	0,0172	1,5
7	CPTS-6	0,0283	62,4

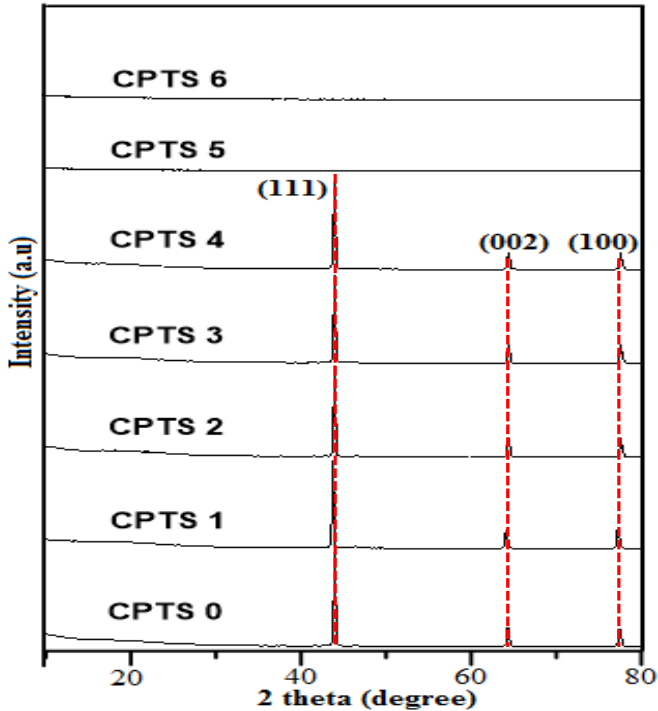
Hasil analisa dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Hal tersebut menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$  dapat meningkatkan penyerapan air pada membran, dikarenakan hidrofilisitas membran yang meningkat. Hidrofilisitas membran meningkat akibat meningkatnya gugus hidrofilis-OH pada membran, dibuktikan dengan hasil FTIR. Berdasarkan data hasil analisa, hidrofilisitas membran terus meningkat hingga penambahan Variabel CPTS 4, namun menurun dengan penambahan lebih lanjut. Peningkatan hidrofilisitas paling tinggi didapatkan pada penambahan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 1 gram dengan peningkatan sebesar 89,3 %.

#### **IV.1.3 Analisa X-Ray Diffraction (XRD)**

*X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan salah satu metode untuk menentukan komposisi  $\text{TiO}_2$  yang terdapat pada membran. XRD dapat pula digunakan untuk menunjukkan hidrofilisitas suatu membran. Pada umumnya, nanopartikel  $\text{TiO}_2$  memiliki tiga jenis kristal yaitu:

1. *Anatase* dengan kristal *plane* (101) pada  $2\theta$  sekitar 25,51
2. *Rutile* dengan kristal *plane* (111) dan (100) pada  $2\theta$  sekitar 43,11
3. *Brookite* dengan kristal *plane* (002) pada  $2\theta$  sekitar 64,75

Ketiga kristal tersebut menunjukkan hidrofilisitas dari suatu membran namun *anatase* memiliki tingkat stabilitas dan hidrofilisitas yang paling baik (Kheamrutai thamaphat dkk.2008).



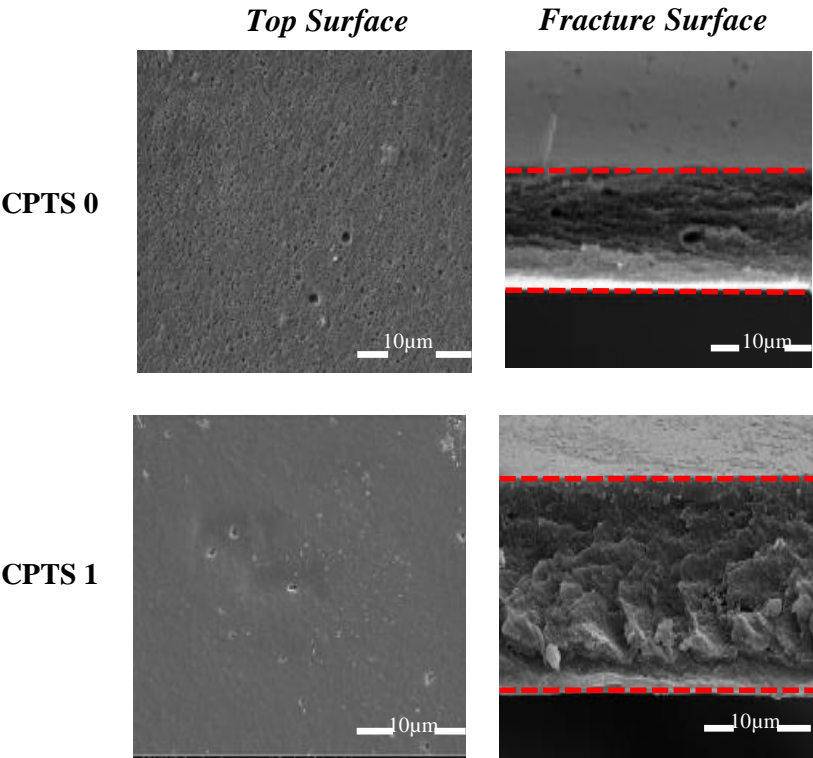
**Gambar 4.5** Hasil Analisa XRD Membran CPTS

**Gambar 4.5** menunjukkan hasil analisa bahwa membran CPTS memiliki dua jenis kristal yaitu *rutile* dan *brookite*. Sesuai dengan yang dijelaskan oleh Reza Abedini dkk dalam penelitiannya pada tahun 2013 bahwa Kristal *anatase* ditemukan pada membran dengan pemanasan  $\text{TiO}_2$  diatas  $120^\circ\text{C}$  sehingga pada metode *surface coating* tidak ditemukan jenis Kristal *anatase* karena pada metode tersebut tidak dilakukan pemanasan  $\text{TiO}_2$ . Berdasarkan perhitungan luas area *peak* dari membran CPTS dengan berbagai komposisi diperoleh hasil bahwa luas area semakin meningkat seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  hingga 1 gram dan menurun pada penambahan 1.25 dan 1.5 gram.

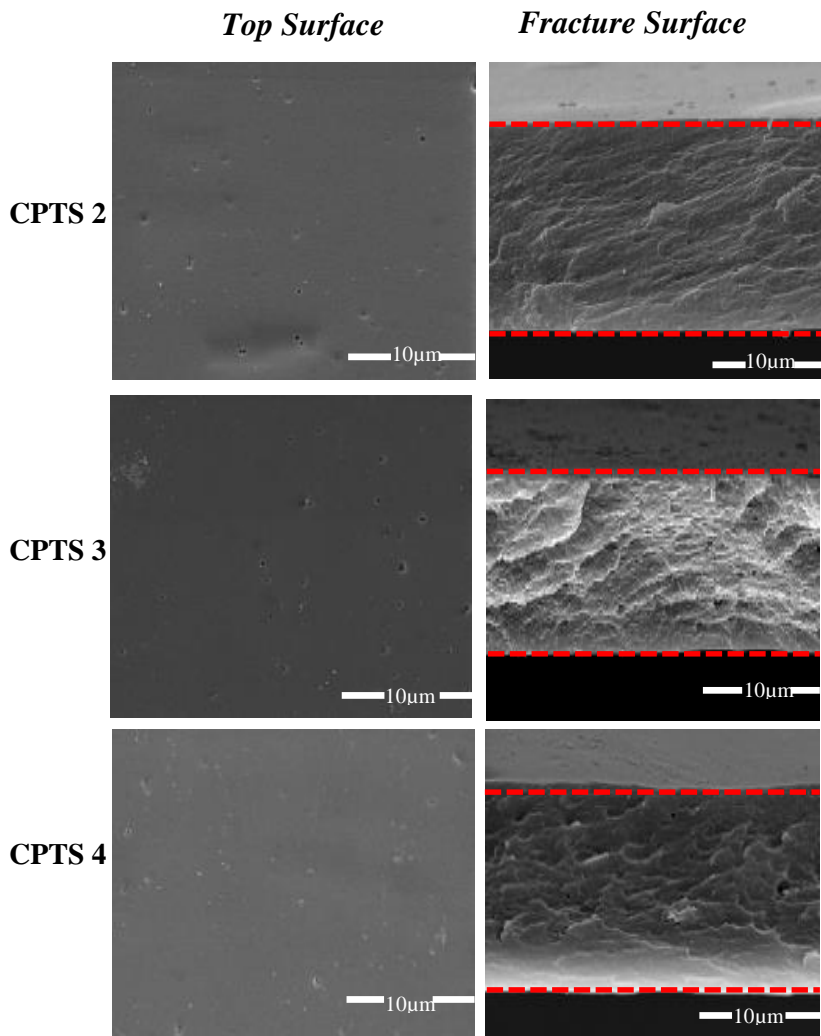
Peningkatan luas area *peak* menunjukkan terjadinya peningkatan hidrofilisitas membran tersebut.

**IV.1.4 Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM)**

Analisa SEM merupakan metode yang bertujuan untuk mengetahui morfologi pada membran. Pengukuran dilakukan dengan menembakkan sinar elektron pada permukaan sampel pada ruang hampa. Metode ini akan menunjukkan struktur membran apabila dilihat pada bagian atas (*Top Surface*) dan patahan (*Fracture Surface*).

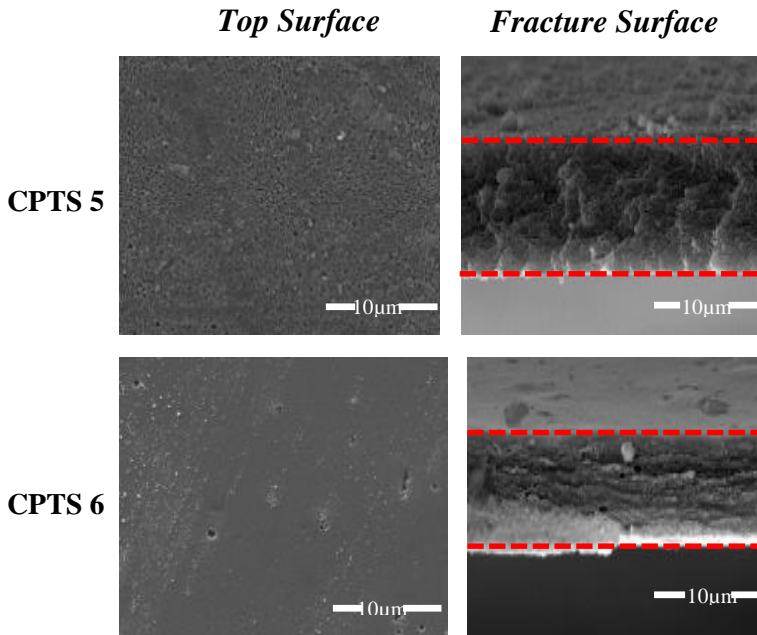


**Gambar 4.6** Hasil Analisa SEM Membran CPTS



*Lanjutan* **Gambar 4.6** Hasil Analisa SEM Membran CPTS





*Lanjutan* **Gambar 4.6** Hasil Analisa SEM Membran CPTS

**Gambar 4.6** menunjukkan terbentuknya pori dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  pada membran CPTS. Dapat terlihat bahwa ukuran pori cenderung menjadi lebih kecil seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$ . Pembentukan pori tergantung pada proses pertukaran pelarut dan non pelarut dalam, proses *phase inversion*. Semakin cepat proses pertukaran pelarut dan non pelarut, pori yang terbentuk akan semakin kecil ukurannya (Choi dkk, 2006)

Uji kuantitatif dilakukan pada membran dengan melakukan pengukuran pori membran yang terbentuk. Ukuran pori membran cenderung menjadi lebih kecil seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$ . Pori membran mengecil dari variabel CPTS 1 hingga CPTS 4, kemudian kembali membesar pada CPTS 5 dan CPTS 6. Namun membran CPTS 5 dan CPTS 6 masih memiliki

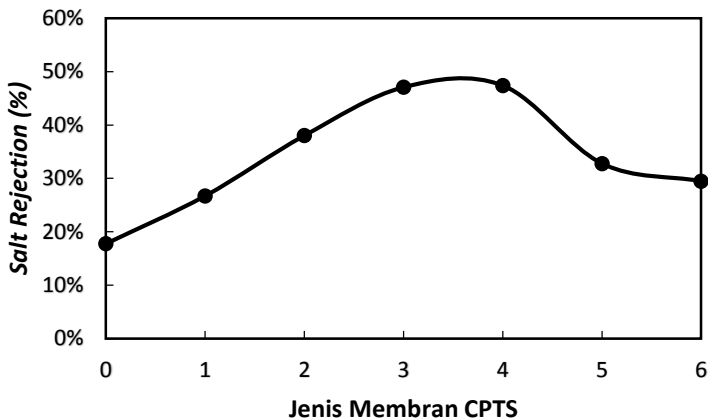
pori yang lebih kecil dari membran CPTS 0. Ukuran pori membran yang terbentuk sebesar 100 nm – 10.000 nm, sehingga ukuran tersebut termasuk dalam ukuran pori membran mikrofiltrasi (Baker dkk,2014). Ukuran pori pada membran CPTS dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

**Tabel 4.2** Ukuran Pori Membran CPTS

No	Jenis Membran	Ukuran pori (nm)
1	CPTS-0	372,5
2	CPTS-1	280
3	CPTS-2	252
4	CPTS-3	230
5	CPTS-4	152,5
6	CPTS-5	232,7
7	CPTS-6	239,6

#### **IV.1.5 Analisa *Salt Rejection***

Analisa kinerja membran salah satunya adalah analisa *salt rejection*. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan membran dalam menahan garam, sehingga didapatkan permeat yang memiliki konsentrasi garam yang rendah. Garam (NaCl) yang digunakan memiliki ukuran molekul 30 Armstrong. Sedangkan *water* (H<sub>2</sub>O) memiliki ukuran molekul 1 Armstrong (Baker dkk, 2004).



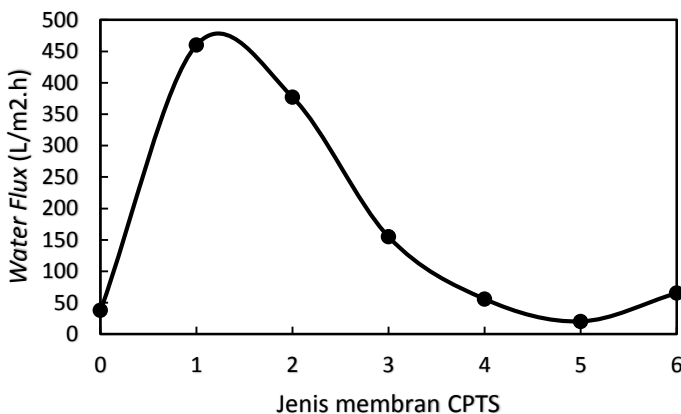
**Gambar 4.7** Hasil Analisa *Salt Rejection* membran CPTS

Berdasarkan hasil analisa pada **Gambar 4.7** menunjukkan bahwa rijeksi garam meningkat seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  maksimal pada variabel CPTS 4. Hasil terbaik pada membran CPTS 4 memiliki *salt rejection* sebesar 47.4 %. Hasil ini lebih baik daripada membran CPTS 0 yaitu sebesar 17.8 %. Hal tersebut sesuai dengan hasil analisa struktur morfologi (SEM) yang menunjukkan bahwa ukuran dari pori yang terbentuk semakin kecil seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  1 gram sehingga menyebabkan rijeksi garam terus meningkat.

#### **IV.1.6 Analisa Water Flux**

Analisa *water flux* bertujuan untuk mengetahui laju permeat yang didapatkan ketika melakukan proses penyaringan. Proses perpindahan terjadi ketika larutan memiliki 2 konsentrasi yang berbeda, molekul dari larutan yang berada pada konsentrasi lebih tinggi akan berpindah ke larutan yang berkonsentrasi rendah (Baker, 2004). Molekul yang berpindah adalah molekul air sehingga diperoleh permeat dengan konsentrasi  $\text{NaCl}$  yang

rendah. Hasil dari analisa *water flux* dapat dilihat pada **Gambar 4.8**

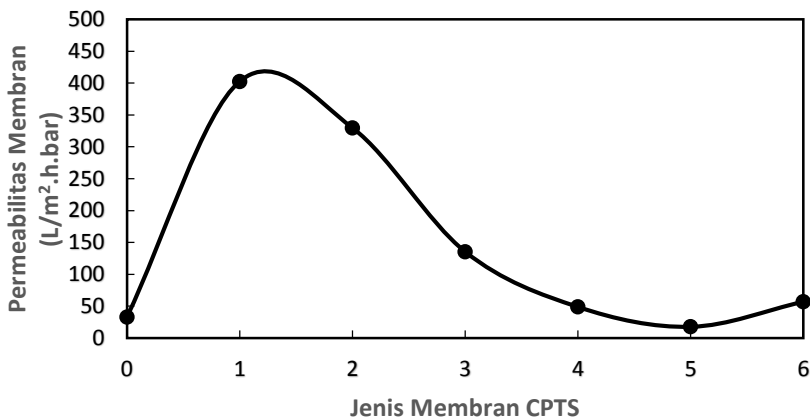


**Gambar 4.8** Hasil Analisa *Water Flux* membran CPTS

Berdasarkan hasil analisa pada **Gambar 4.8** menunjukkan bahwa fluks mengalami peningkatan pada penambahan variabel pertama, CPTS 1, kemudian pada penambahan TiO<sub>2</sub> lebih lanjut fluks mengalami penurunan. Penurunan fluks terjadi akibat ukuran pori membran CPTS yang semakin kecil dengan penambahan TiO<sub>2</sub>. TiO<sub>2</sub> berperan dalam porositas, yaitu membuat pori membran semakin rapat (mansourpanah, 2009). Namun Penurunan fluks membran masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan membran CPTS 0. Gugus hidroksil yang meningkat dengan penambahan TiO<sub>2</sub> menyebabkan peningkatan *water flux* jika dibandingkan dengan membran CPTS 0, kecuali pada variabel CPTS 5. Penurunan fluks diperkirakan karena sedikitnya pori yang terbentuk pada membran, dapat dilihat dari gambar *cross section* membran CPTS 5 pada analisa SEM.

#### IV.1.7 Analisa Permeabilitas Membran

Analisa permeabilitas membran bertujuan untuk mengetahui tingkat kemampuan membran dalam melewati molekul air. Analisa ini dilakukan dengan  $\Delta P$  sebesar 1,14 bar. Hasil dari analisa permeabilitas membran dapat dilihat pada **Gambar 4.9**



**Gambar 4.9** Permeabilitas Membran CPTS

Berdasarkan hasil analisa pada **Gambar 4.9** menunjukkan bahwa permeabilitas membran mengalami peningkatan pada penambahan variabel pertama, CPTS 1, kemudian pada penambahan  $\text{TiO}_2$  lebih lanjut permeabilitas mengalami penurunan. Namun Penurunan permeabilitas membran masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan membran CPTS 0 yaitu 33,08 L/m².h.bar. Permeabilitas paling tinggi didapatkan pada variabel membran CPTS 1 yaitu 402,80 L/m².h.bar dan kemudian terus menurun hingga variabel membran CPTS 5 yaitu 17,77 L/m².h.bar. Penurunan permeabilitas membran ini sesuai dengan hasil analisa *water flux*, dimana *water flux* menurun

dengan penambahan  $\text{TiO}_2$ . Hal ini menunjukkan bahwa nilai permeabilitas membran berbanding lurus dengan nilai *water flux*.

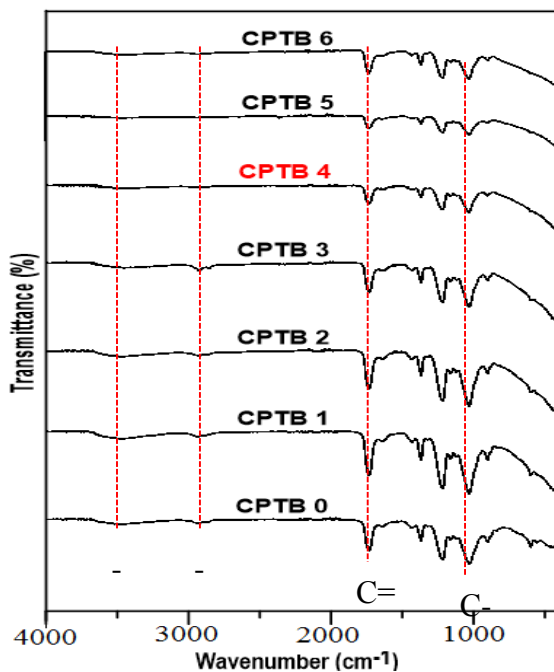
**Tabel 4.3** Permeabilitas Membran CPTS

No	Jenis Membran	Permeabilitas Membran (L/m <sup>2</sup> .h.bar)
1	CPTS 0	33,08
2	CPTS 1	402,80
3	CPTS 2	329,96
4	CPTS 3	135,59
5	CPTS 4	48,96
6	CPTS 5	17,77
7	CPTS 6	57,16

## **IV.2 Pengaruh Penambahan $\text{TiO}_2$ dengan Metode *Blending***

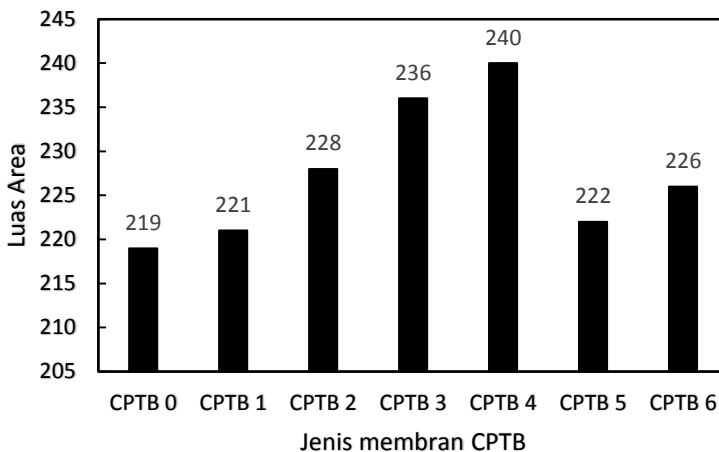
### **IV.2.1 Analisa *Fourier Transformed Infra Red* (FTIR)**

Analisa FTIR pada membran bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional yang terdapat pada membran. Gugus fungsional tersebut menunjukkan hidrofilisitas dari suatu membran.



**Gambar 4.10** Hasil Analisa FTIR membran CPTB

Berdasarkan analisa FTIR, diperoleh gugus  $\text{-OH}$  masing-masing membran CPTB pada panjang gelombang  $3400\text{ cm}^{-1}$ , gugus  $\text{-CH}$  pada range  $2850 - 3000\text{ cm}^{-1}$ , gugus  $\text{C=O}$  pada panjang gelombang  $1725\text{ cm}^{-1}$ , gugus  $\text{C=C}$  pada panjang gelombang  $1680\text{ cm}^{-1}$  dan gugus  $\text{C-O}$  pada panjang gelombang  $1050\text{ cm}^{-1}$  (Adan Ahmad dkk, 2015).



**Gambar 4.11** Luas Area gugus –OH membran CPTB

Hasil analisa FTIR menunjukkan peningkatan jumlah gugus –OH pada membran CPTB ditunjukkan dengan meningkatnya luas *peak* pada panjang gelombang –OH. **Gambar 4.11** menunjukkan luas area *peak* gugus -OH dari membran CPTB. Luas area *peak* gugus -OH masing-masing variabel meningkat seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  hingga variabel CPTB 4, kemudian mengalami penurunan pada penambahan variabel CPTB 5 dan CPTB 6. Secara umum luas area *peak* gugus –OH mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan membran CPTS 0. Peningkatan luas area *peak* gugus -OH menunjukkan terjadinya peningkatan hidrofilisitas pada membran dimana membran yang diinginkan yaitu memiliki hidrofilisitas yang tinggi. Berdasarkan analisa membran yang memiliki hidrofilisitas tinggi yaitu variabel CPTB 4 ketika penambahan  $\text{TiO}_2$  sebesar 1 gram.



#### IV.2.2 Analisa Water Content

Analisa *water content* pada sampel membran dengan menggunakan metode *blending*, menunjukkan bahwa *water content* pada membran meningkat dengan penambahan TiO<sub>2</sub>, jika dibandingkan dengan sampel yang tidak mengandung TiO<sub>2</sub>, sebagaimana yang ditunjukkan pada **Tabel 4.4**. Hal ini menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub> dapat meningkatkan penyerapan air pada membran, dikarenakan hidrofilisitas membran yang meningkat. Hidrofilisitas membran meningkat dengan penambahan TiO<sub>2</sub> sesuai dengan hasil FTIR yang ditunjukkan dengan peningkatan gugus-OH.

**Tabel 4.4** Hasil Analisa *Water Content* membran CPTB

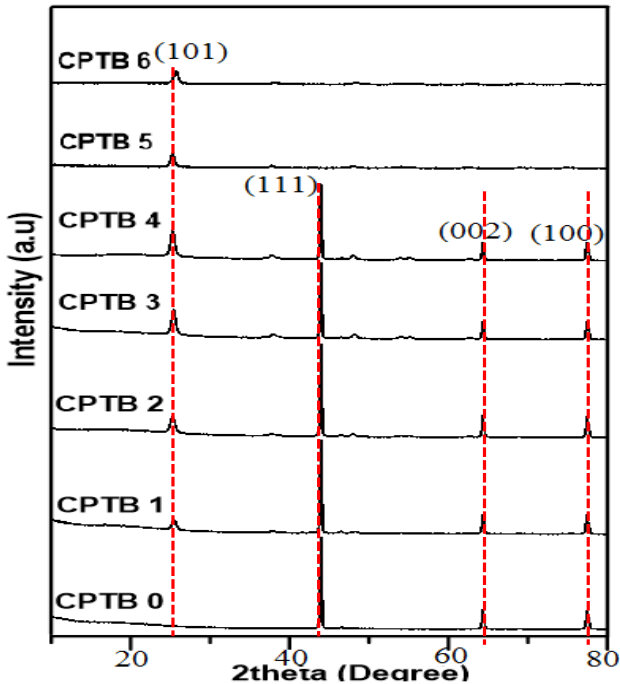
No	Variabel	Water Content (gram/detik)	Peningkatan (%)
1	CPTB-0	0,01743	
2	CPTB-1	0,01803	3,4
3	CPTB-2	0,0275	57,8
4	CPTB-3	0,03503	101
5	CPTB-4	0,04993	186,5
6	CPTB-5	0,0276	58,3
7	CPTB-6	0,0332	90,5

Berdasarkan data hasil analisa *water content*, hidrofilisitas membran terus meningkat hingga penambahan variabel CPTB 4, namun menurun dengan penambahan lebih lanjut. Peningkatan hidrofilisitas paling tinggi didapatkan pada penambahan TiO<sub>2</sub> sebanyak 1 gram dengan peningkatan sebesar 186,5 %.

#### IV.2.3 Analisa X-Ray Diffraction (XRD)

*X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan salah satu metode untuk menentukan komposisi TiO<sub>2</sub> yang terdapat pada membran. Pada umumnya terdapat tiga jenis Kristal pada kisaran 2 $\theta$  sebesar 25,51; 43,11; dan 64,75 yang merupakan kristal *anatase* dengan Kristal *plane* (101), *rutile* dengan Kristal *plane* (111) dan (100)

serta *brookite* dengan Kristal plane (002) (Kheamrutai thamaphat dkk.2008).

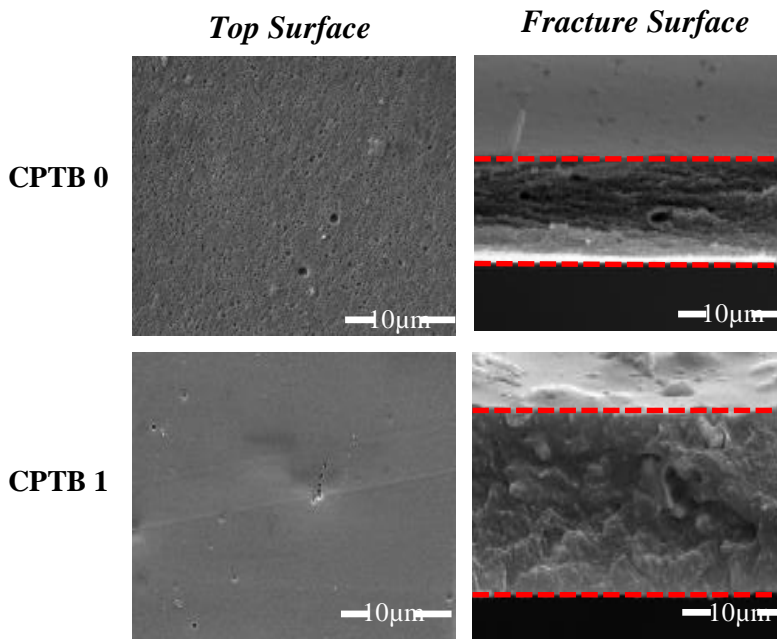


**Gambar 4.12** Hasil Analisa XRD Membran CPTB

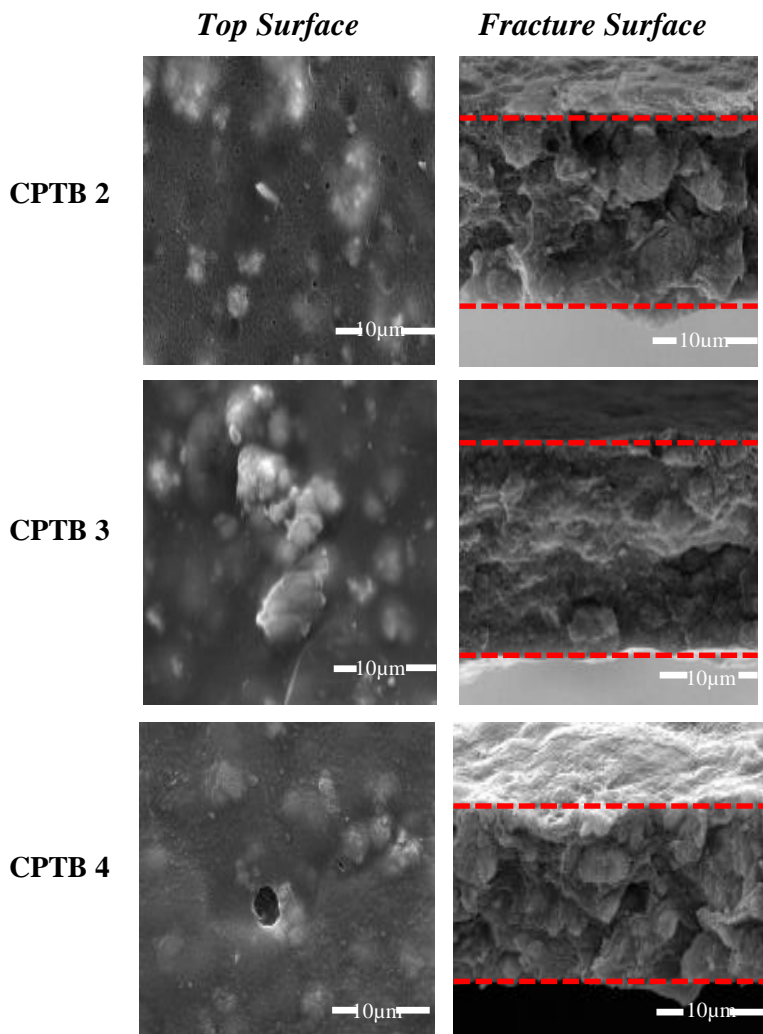
**Gambar 4.12** merupakan hasil analisa XRD membrane CPTB yang menunjukkan bahwa kristal anatase terdapat pada *peak* 25,51. Sesuai dengan literature dimana *peak* 25,37 merupakan kristal anatase dengan kristal plane (101). Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada membran CPTB terbentuk kristal anatase, yang memiliki stabilitas, hidrofilisitas dan *anti-fouling* yang baik (Reza abedini dkk. 2011). Hasil perhitungan luas area *peak* masing-masing membran menunjukkan bahwa luas area *peak* semakin meningkat seiring dengan penambahan TiO<sub>2</sub> hingga 1 gram, kemudian menurun pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1.25 dan 1.5 gram.

#### IV.2.4 Analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

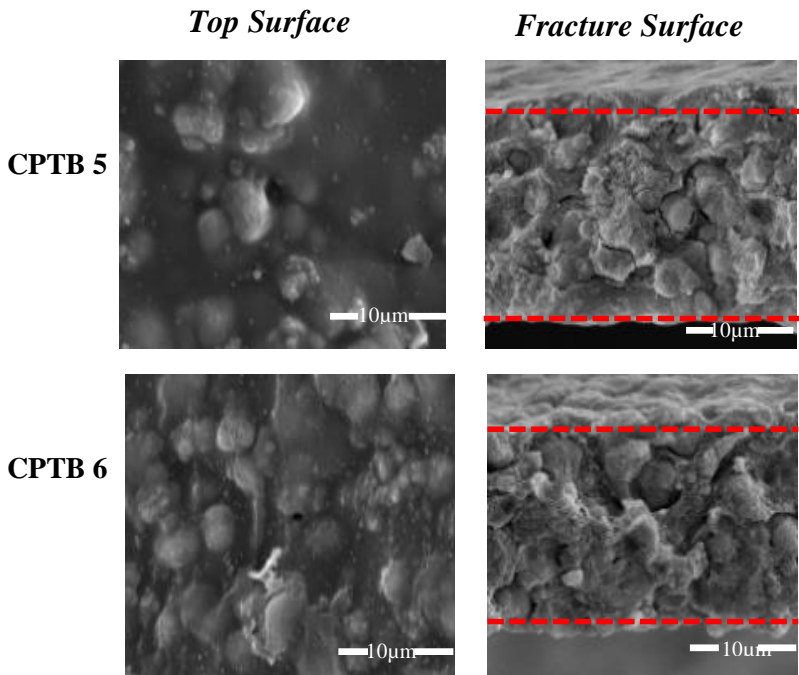
Analisa SEM merupakan metode yang bertujuan untuk mengetahui struktur morfologi pada membran. Pengukuran dilakukan dengan menembakkan sinar elektron pada permukaan sampel pada ruang hampa. Metode ini akan menunjukkan struktur membran apabila dilihat pada bagian atas (*Top Surface*) dan patahan (*Cross Section*).



**Gambar 4.13** Hasil Analisa SEM Membran CPTB



*Lanjutan* **Gambar 4.13** Hasil Analisa SEM Membran CPTB



*Lanjutan* **Gambar 4.13** Analisa SEM Membran CPTB

Berdasarkan pengamatan **Gambar 4.13** morfologi membran menunjukkan terbentuknya pori dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  pada membran CPTB. Gambar pada *top surface* menunjukkan bahwa membran memiliki pori, kecuali pada membran CPTB 3. Namun apabila melihat pada *cross section*, maka akan terlihat pori. Maka seharusnya membran CPTB 3 memiliki pori, namun tidak tampak pada gambar.

Uji kuantitatif dilakukan pada membran dengan melakukan pengukuran pori membran yang terbentuk. Ukuran pori membran cenderung menjadi lebih kecil seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$ . Pori membran mengecil dari variabel CPTB 1

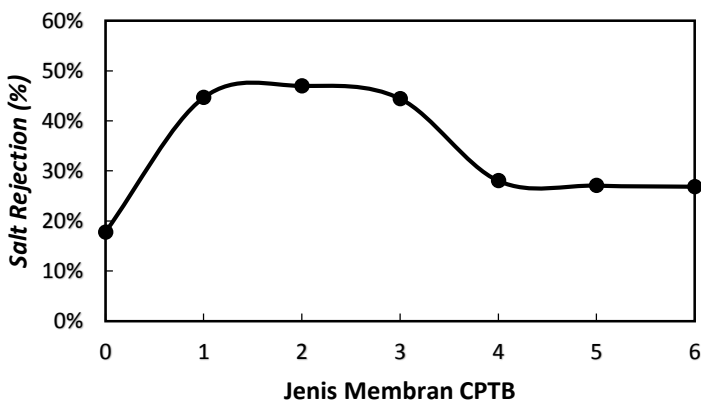
hingga CPTB 2, kemudian kembali membesar pada CPTB 4 - CPTB 6. Ukuran pori membran yang terbentuk sebesar 100 nm – 10.000 nm, sehingga termasuk dalam ukuran pori membran mikrofiltrasi (Baker dkk,2014). Ukuran pori pada membran CPTB dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

**Tabel 4.5** Ukuran Pori Membran CPTB

No	Variabel	Ukuran pori (nm)
1	CPTB-0	372,5
2	CPTB-1	221
3	CPTB-2	211
4	CPTB-3	Tidak terlihat
5	CPTB-4	2932,5
6	CPTB-5	1975
7	CPTB-6	932,5

#### IV.2.5 Analisa *Salt Rejection*

Analisa *salt rejection* bertujuan untuk mengetahui banyaknya molekul NaCl yang tersaring pada membran. Membran yang diinginkan adalah membran dengan nilai *salt rejection* yang tinggi.

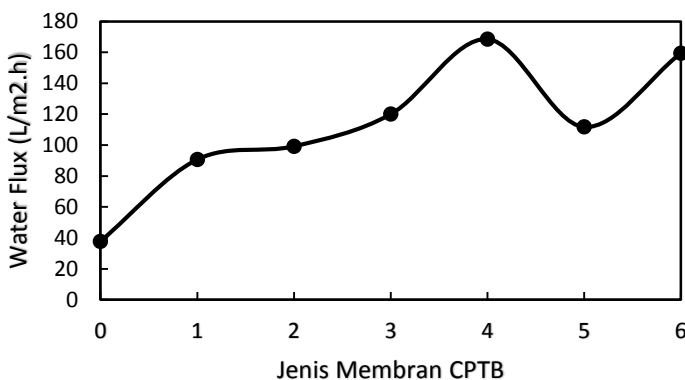


**Gambar 4.14** Hasil Analisa *Salt Rejection* Membran CPTB

**Gambar 4.14** merupakan hasil analisa *salt rejection* membran CPTB dengan berbagai komposisi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rijeksi garam terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah  $\text{TiO}_2$  yang digunakan, maksimal pada variabel CPTB 2. Hasil terbaik pada membran CPTB 2 memiliki *salt rejection* sebesar 47%. Hasil ini lebih baik jika dibandingkan dengan membran CPTB 0 yaitu sebesar 17.8%. Hal tersebut sesuai dengan hasil analisa struktur morfologi (SEM) yang menunjukkan bahwa ukuran dari pori yang terbentuk semakin kecil seiring dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  0,5 gram sehingga menyebabkan rijeksi garam meningkat.

#### IV.2.6 Analisa *Water Flux*

Analisa *water flux* bertujuan untuk menunjukkan banyaknya larutan yang melewati membran dalam waktu tertentu.



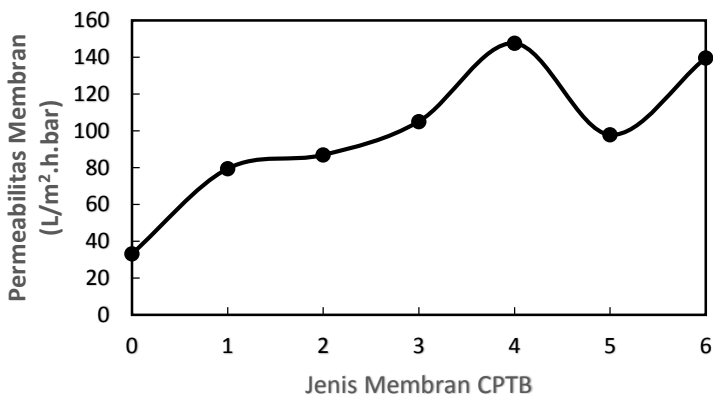
**Gambar 4.15** Hasil Analisa *Water Flux* Membran CPTB

Berdasarkan hasil analisa pada **Gambar 4.15** menunjukkan bahwa fluks mengalami peningkatan pada penambahan variabel pertama, CPTB1, hingga variabel CPTB 4. Hal ini dikarenakan penambahan  $\text{TiO}_2$  dapat meningkatkan hidrofilisitas membran ditunjukkan oleh analisa FTIR dan *Water content*. kemudian pada penambahan  $\text{TiO}_2$  lebih lanjut fluks

mengalami penurunan. Namun penurunan fluks pada variabel CPTB 5 dan CPTB 6 masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan variabel CPTB 0. Penurunan nilai fluks ini diperkirakan karena terlalu tingginya konsentrasi  $\text{TiO}_2$  pada campuran. Dilihat dari hasil analisa SEM ukuran pori menurun pada variabel penambahan CPTB 5 dan CPTB 6. Variabel CPTB 4 merupakan membran yang memiliki *water flux terbesar* yaitu  $168,6 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$ . *Water flux* ini meningkat jika dibandingkan dengan membran CPTB 0 sebesar  $38,78 \text{ L/m}^2\cdot\text{h}$ .

#### IV.2.7 Analisa Permeabilitas Membran

Analisa permeabilitas membran bertujuan untuk mengetahui tingkat kemampuan membran dalam melewati molekul air. Analisa ini menggunakan  $\Delta P$  sebesar  $1,14 \text{ bar}$ . Hasil dari analisa permeabilitas dapat dilihat pada **Gambar 4.16**



**Gambar 4.16** Permeabilitas Membran CPTB

Berdasarkan hasil analisa pada **Gambar 4.16** menunjukkan bahwa permeabilitas membran mengalami peningkatan pada penambahan variabel pertama, CPTB 1, hingga variabel CPTB 4. kemudian pada penambahan  $\text{TiO}_2$  lebih lanjut permeabilitas mengalami penurunan. Namun penurunan permeabilitas pada variabel CPTB 5 dan CPTB 6 masih lebih



tinggi jika dibandingkan dengan variabel CPTB 0. Permeabilitas tertinggi yaitu pada penambahan  $\text{TiO}_2$  sebesar 1 gram yaitu 147,65 L/m<sup>2</sup>.h.bar. Pada analisa ini nilai permeabilitas membran meningkat dari variabel CPTB 1 hingga yang tertinggi pada CPTB 4, hasil ini sesuai dengan analisa *water flux*, dimana nilai *water flux* juga semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa nilai permeabilitas membran berbanding lurus dengan nilai *water flux*.

**Tabel 4.6** Permeabilitas Membran CPTB

No	Jenis Membran	Permeabilitas Membran (L/ m <sup>2</sup> .h.bar)
1	CPTB 0	33,08
2	CPTB 1	79,39
3	CPTB 2	86,90
4	CPTB 3	105,08
5	CPTB 4	147,65
6	CPTB 5	97,89
7	CPTB 6	139,64

### IV.3 Perbandingan Membran CPTS dan CPTB

Dari pembahasan pada IV.1 dan IV.2 maka dapat dibandingkan karakteristik dan kinerja membran

**Tabel 4.7** Perbandingan Hasil Analisa Membran CPTS dan CPTB

Jenis Membran	Hidrofilisitas			Ukuran Pori (nm)	Salt Rejection (%)	Water Flux (L/m <sup>2</sup> .h)	Permeabilitas Membran (L/m <sup>2</sup> .h.bar)
	Luas Peak Gugus-OH	Water Content (g/15dt)	Luas Area kristal Anatase				
Surface Coating							
CPTS-0	219	0,01743	-	372,5	17,8	37,78	33,08
CPTS-1	240	0,0177	-	280	26,7	460	402,80
CPTS-2	246	0,02443	-	252	38	376,81	329,96
CPTS-3	250	0,02627	-	230	47,1	154,84	135,59
CPTS-4	254	0,033	-	152,5	47,4	55,91	48,96
CPTS-5	192	0,0172	-	232,7	32,8	20,29	17,77
CPTS-6	237	0,0283	-	239,6	29,5	65,28	57,16
Blending							
CPTB-0	219	0,01743	-	372,5	17,8	37,78	33,08
CPTB-1	221	0,01803	11	221	44,7	90,67	79,39
CPTB-2	228	0,0275	17	211	47	99,24	86,90
CPTB-3	236	0,03503	23	Tidak terlihat	44,4	120	105,08
CPTB-4	240	0,04993	23	2932,5	28	168,61	147,65
CPTB-5	222	0,0276	-	1975	27,1	111,79	97,89
CPTB-6	226	0,0332	-	932,5	26,8	159,47	139,64

Berdasarkan **Tabel 4.7** terlihat bahwa kinerja terbaik untuk metode *surface coating* dimiliki oleh membran CPTS 4 dengan luas *peak* –OH, *water content*, *salt rejection*, *water flux*, dan permeabilitas masing-masing sebesar 254, 0.033 (gram/15detik), 47.4 %, 55.91 L/m<sup>2</sup>.h dan 48,96 L/m<sup>2</sup>.h.bar Sedangkan kinerja terbaik untuk metode *blending* dimiliki oleh membran CPTB 2 dengan luas *peak* –OH, *water content*, Luas area Kristal anatase, *salt rejection*, *water flux*, dan permeabilitas masing-masing sebesar 228, 0.0275, 17, 47%, 99.24 L/m<sup>2</sup>.h,

dan.86,90 L/m<sup>2</sup>.h.bar. Dari kedua metode tersebut diperoleh membran yang optimal dengan metode *blending* yaitu CPTB 2, karena dengan penggunaan TiO<sub>2</sub> dalam jumlah yang lebih sedikit (0,5 gram) dapat menghasilkan *salt rejection* dan *water flux* yang tinggi jika dibandingkan dengan metode *surface coating* (1 gram).

Jika *salt rejection* pada penelitian ini dibandingkan dengan membran komersil, *Morui Reverse Osmosis Membrane*, *salt rejection* yang didapatkan masih cukup kecil, dimana seharusnya adalah sebesar 99,5%. Sehingga penelitian ini masih perlu penyempurnaan untuk mendapatkan *salt rejection* yang lebih baik. Namun hasil permeabilitas membran pada penelitian ini jauh lebih baik jika dibandingkan membran komersil yang memiliki permeabilitas sebesar 4,12 L/m<sup>2</sup>.h.bar ([www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan  $\text{TiO}_2$  dapat meningkatkan hidrofilisitas dan *salt rejection* membran CA/PEG hingga penambahan  $\text{TiO}_2$  sebesar 1 g/L *solvent* untuk membran dengan metode *surface coating* dan penambahan  $\text{TiO}_2$  hingga 0.5 g/L *solvent* untuk membran dengan metode *blending* dan akan menurun pada penambahan  $\text{TiO}_2$  yang semakin besar.
2. Membran dengan kinerja optimum untuk metode *surface coating* adalah pada penambahan  $\text{TiO}_2$  sebesar 1 g/L *solvent* dengan *salt rejection* 47.4% dan *water flux* sebesar 50 L/m<sup>2</sup>.h. Sedangkan untuk metode *blending* dimiliki oleh membran pada penambahan  $\text{TiO}_2$  sebesar 0.5 g/L *solvent* dengan *salt rejection* 47% dan *water flux* sebesar 98 L/m<sup>2</sup>.h.
3. Membran dengan metode *blending* memiliki tingkat efektivitas yang lebih tinggi dari metode *surface coating* karena dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  yang lebih sedikit dapat menghasilkan kinerja yang hampir sama dengan metode *surface coating*.

#### **V.2 Saran**

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pembuatan membran termodifikasi nanopartikel untuk memperbaiki ukuran pori hingga diperoleh membran ukuran *Reverse Osmosis*.

2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang penggunaan polimer dan nanopartikel untuk peningkatan kinerja membran.
3. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengukuran stabilitas membran untuk mengetahui stabilitas dari kinerja dan sifat fisika dari membran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abedini, R.; Mousavi, S.M.; Aminzadeh, R. **2011**. *A novel cellulose acetate (CA) membrane using TiO<sub>2</sub> nanoparticles: Preparation, characterization and permeation study. Journal of membrane science*, 277:40-45
- Ahmad, A.; Waheed, S.; Khan, S.M.; Egus, S.; Shafiq, M.; Farooq, M.; Sanaullah, K.; Jamil, T. **2015**. *Effect of silica on the properties of cellulose acetate/polyethylene glycol membrane for reverse osmosis. Desalination*, 355:1-10
- Arthanareeswaran, G.; Mohan, D.; Raanjithren, M. **2010**. *Preparation, characterization and performance studies of ultrafiltration membranes with polymeric additive. Journal of membrane science*, 350:130-138 \
- Baker, R.W. **2004**. *Membrane Technology and Application 2nd edition*. California : Mc Graw-Hill
- Esfahani, M.R.; Tyler, J.L.; Stretz, H.A.; Wells, M.J.M. **2015**. *Effect of a dual nanofiller, nano-TiO<sub>2</sub> and MWCNT, for polysulfone-based nanocomposite membranes for water purification. Desalination*, 372:47-56
- Gude, V. G. **2016**. *Desalination and sustainability- An appraisal and current perspective. Water Research*, 89:87-106
- Guillotin, M.; Lemoyne, C.; Noel, C.; Monnerie, L. **1977**. *Physicochemical processes occurring during the formation of cellulose diacetate membranes. Research of criteria for optimizing membrane performance. Desalination*, 21:165-181
- Goh, P.S.; Ismail, A.F. **2013**. *Carbon nanotubes for desalination: performance evaluation and current hurdles. Desalination* 308:2-14
- Khulbe, K. C.; Feng, C.; Matsuura, T. **2009**. *The Art of Surface Modification of Synthetic Polymeric Membranes. Journal of Applied Polymer Science*, 115:855-895
- Mansourpanah, Y.; Madaeni, S.S.; Rahimpour, A.; Farhadian, A.; Taheri, A. H. **2009**. *Formation of appropriate sites on*

- nanofiltration membrane surface for binding TiO<sub>2</sub> photocatalyst: Performance, characterization and fouling resistant capability, Journal of Membrane Science, 330: 297-306*
- Metcalf and Eddy. **2004**. *Waste water engineering treatment disposal reuse, fourth edition*, McGraw-Hill, Inc. New York, St. Francisco, Auckland.
- Mulder, M. **1996**. *Basic principle of membrane technology. Second edition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher
- Nurkhamidah, S.; Rahmawati, Y.; Taufany, F.; Merta, I. M. P. A.; Putra, D. D. D. **2015**. *Syntesis of polymeric membrane for desalination process. Proceeding ISST Seminar*.
- Ren, J.; Wang, R. **2011**. *Preparation of polymeric membranes: Handbook of environmental engineering: Membrane and desalination technology*. 13:47-100
- Sun, W.; Liu, J.; Chu, H.; Dong, B. **2013**. *Pretreatment and membrane hydrophilic Modification to Reduce Membrane Folling. Membrane*. 3:226-241.
- Thamaphat, Kheamrutai; Lumsuwan, Pichet; Ngotawornchai, Boonlaer. 2008. *Phase Characterization of TiO<sub>2</sub> Powder by XRD and TEM. Kasetsart J. (Nat.Sci.) 42: 357-361*
- Waheed, S.; Ahmad, A.; Khan, S.M.; Gul, S.; Jamil, T.; Islam, A.; Houssain, T. **2014**. *Syntesis, characterization, permeation and antibacterial properties of cellulose acetate/polyethylene glycol membranes modified with chitosan. Desalination, 351:59-69*
- Wenteen, M. 1999. *Pembuatan dan pemurnian Nata de Coco untuk memperoleh film polimer berkekuatan tinggi*. Skripsi. Jurusan Kimia. ITB. Dalam Bambang Piluharto (2001). *Studi Awal Penggunaan Nata De Coco Sebagai Membran Ultrafiltrasi*. Tesis. Bandung: ITB.
- Zhao, H.; Qiu, S.; Wu, L.; Zhang, L.; Chen, H.; Gao, C. **2014**. *Improving the performance of polyamide reverse osmosis membrane by incorporation of modified multi-walled carbon nanotube. Journal of membrane science, 450:249-156*.

“BIG Sediakan Data dan Informasi Geospasial untuk Mendukung Industri Bahari”. <http://www.bakosurtanal.go.id/big-sediakan-data-dan-informasi-geospasial-untuk-mendukung-industri-bahari/> (diakses pada 19 januari 2017)

“X-ray Powder Diffraction (XRD)”. [http://serc.carleton.edu/research\\_education/geochemsheets/techniques/XRD.html](http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/XRD.html) (Diakses pada 19 januari 2017)

“Morui Membrane 4040 Industrial Reverse Osmosis RO Membrane 4x40 for housing”. [https://www.alibaba.com/product-detail/Morui-Membrane-4040-Industrial-ReverseOsmosis\\_60573486661.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Morui-Membrane-4040-Industrial-ReverseOsmosis_60573486661.html) (Diakses pada 26 Juli 2017)



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## DAFTAR NOTASI

n	= Mol (mol)
m	= Massa (gram)
V	= Volume ( L)
M	= Molaritas
BM	= Berat molekul (gram/mol)
J	= Fluks permeat ( $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )
Q	= Jumlah permeat (L)
A	= Luas membran ( $\text{m}^2$ )
t	= Waktu (jam)
R	= Rijeksi Garam (%)
Cp	= Kadar garam pada permeat (ppm)
Cf	= Kadar garam pada <i>feed</i> (ppm)
Pm	= Permeabilitas membran ( $\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{bar}$ )

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## APPENDIKS A

### METODE ANALISA

#### A.1 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

- FTIR bertujuan untuk menentukan gugus fungsional pada membran. Gugus fungsional tersebut menyatakan hidrofilisitas dari suatu membran
- Metode Analisa:
  1. Menyiapkan membran dengan berbagai komposisi untuk diujikan pada alat FTIR
  2. Membuat grafik menggunakan *grapher 8* berdasarkan data yang diperoleh dari analisa FTIR. Sumbu X merupakan *wavenumbers* dan sumbu Y merupakan *%Transmittance*.
  3. Menentukan jenis gugus fungsional yang terdapat pada membran berdasarkan *wavenumbers* pada kisaran 500 hingga 4000  $\text{cm}^{-1}$ . Lengkungan-lengkungan yang terbentuk menunjukkan karakteristik gugus fungsional seperti  $\text{-OH}$  dll.

#### A.2 *X-Ray Diffraction (XRD)*

- XRD merupakan analisa yang digunakan untuk menentukan jenis kristal  $\text{TiO}_2$  yang terdapat pada membrane
- Metode analisa
  1. Menyiapkan membran dengan berbagai komposisi untuk diujikan pada alat XRD
  2. Membuat grafik menggunakan *grapher 8* berdasarkan data yang diperoleh dari analisa XRD. Sumbu X merupakan  $2\theta$  dan sumbu Y merupakan intensitas
  3. Menentukan jenis Kristal yang terdapat pada membran dari *peak* yang terbentuk.

## **A.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)**

- SEM bertujuan untuk mengamati struktur morfologi dari permukaan dan patahan membran.
- Hasil yang diperoleh dari analisa SEM adalah gambar membran dengan beberapa perbesaran yang selanjutnya diamati ukuran dan jumlah pori. Ukuran pori membran yang diharapkan lebih kecil dibanding ukuran partikel garam sehingga membran dapat menahan partikel garam yang dilewatkan.

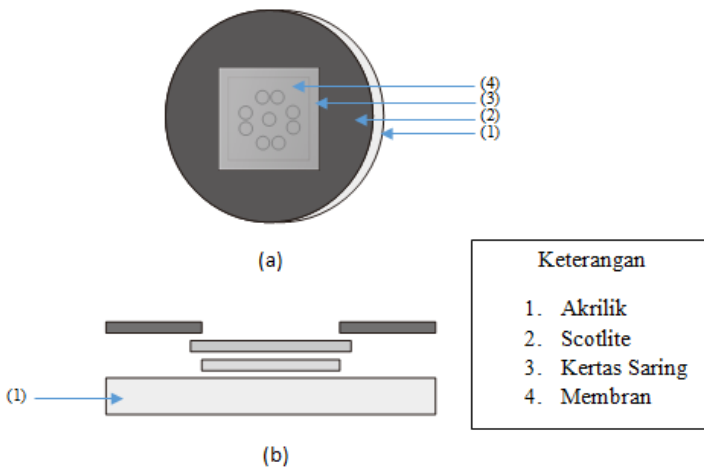
## **A.3 Water Content**

- *Water Content* bertujuan untuk menentukan hidrofilisitas membran.
- Metode Analisa:
  1. Menyiapkan membran dengan berbagai komposisi yang akan di analisa.
  2. Mengeringkan membran dalam *oven* dengan kondisi operasi ( $T = 100^{\circ}\text{C}$ ) selama 5 menit.
  3. Menimbang membran yang telah di *oven* maka diperoleh berat membran kering.
  4. Mencelupkan membran selama 15 detik dalam *aquades*.
  5. Menimbang membran yang telah direndam *aquades* maka diperoleh berat membran basah.
  6. Selisih berat antara membran basah dan kering merupakan hasil dari analisa *water content*.

## **A.4 Analisa Desalinasi (Salt Rejection, Flux Permeate)**

- Uji desalinasi bertujuan untuk menentukan *flux permeate* dan rijeksi garam.
- Garam yang digunakan merupakan garam sintesis dengan konsentrasi 5000 ppm
- Reaktor dioperasikan pada suhu ruang ( $T = 30^{\circ}\text{C}$ ) dan tekanan diatas tekanan osmotik garam yaitu 3.3 bar.

- Metode Analisa:
  1. Menyiapkan akrilik untuk uji fluks dan rijeksi dengan ketentuan diameter akrilik 9 cm dan tebal akrilik 1 cm.
  2. Memastikan agar semua peralatan yang akan digunakan seperti reactor dll telah bersih dari partikel garam.
  3. Menyiapkan membran dengan berbagai komposisi pada akrilik.
    - a) Memotong membran dan kertas saring sesuai ukuran penampang lubang pada membran (3x3 cm)
    - b) Merekatkan membran dan kertas saring pada akrilik dengan *scotlite*.



**Gambar A.5.1** (a) Penampang akrilik vertikal,

(b) Penampang akrilik horizontal

**Gambar A.5.1** (a) Penampang akrilik vertikal, (b) Penampang akrilik horizontal

1. Memasukkan akrilik kedalam alat uji desalinasi.
2. Memastikan tidak ada kebocoran (dari tabung nitrogen menuju reactor)
  - a. Menutup *valve* pengukur tekanan
  - b. Membuka *valve* pengatur nitrogen
  - c. Membuka *valve* pengukur tekanan hingga 3.3 bar
  - d. Memastikan tidak ada udara keluar (dari pipa tabung nitrogen menuju reactor)
3. Merapatkan sambungan tangki penampung air garam.
4. Mengeluarkan gas nitrogen dengan membuka *valve* pengatur tekanan, *valve* input air garam dan *valve* tempat keluarnya udara.
5. Memasukkan air garam sintesis sebanyak 200 ml melalui *valve* input air garam.
6. Menutup *valve* pengatur tekanan dan membuka *valve* pengatur nitrogen.
7. Membuka *valve* pengatur tekanan hingga 3.3 bar dengan kondisi *valve* lainnya tertutup.
8. Menunggu permeat menetes
9. Menampung hasil permeat untuk dihitung *fluks* dan rjeksi garam.
10. Mencatat waktu dan mengukur fluks permeat serta rjeksi garam membran.
11. Hasil yang diperoleh adalah luas membran yang digunakan (A) cm<sup>2</sup> dan waktu (t) jam yang akan diolah untuk perhitungan fluks pemeat.

### **A.5 Analisa Permeabilitas Membran**

- Analisa permeabilitas membran dilakukan untuk mengetahui tingkat pasif difusi molekul melalui membran, atau tingkat kemampuan membran dalam meloloskan air.

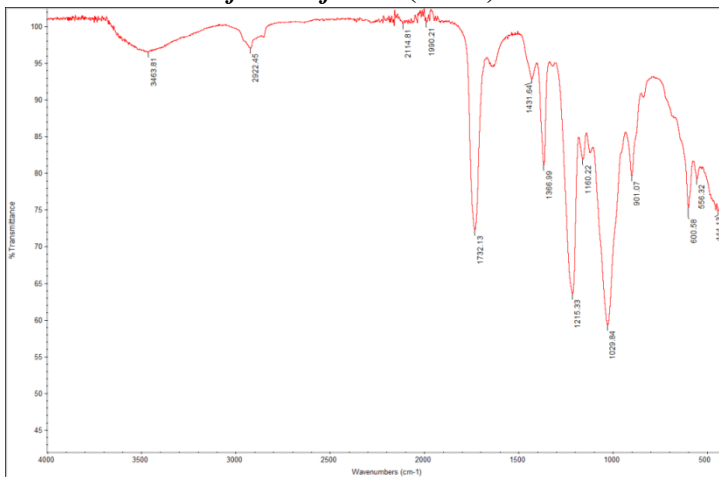
- Permeabilitas membran dihitung menggunakan data volume permeat, beda tekanan operasi dan tekanan osmotik ( $\Delta P$ ), serta luas membran.



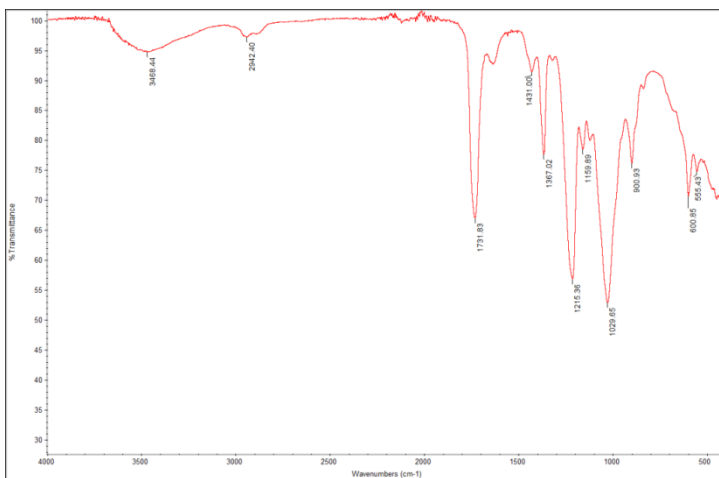
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## APPENDIKS B HASIL PERCOBAAN

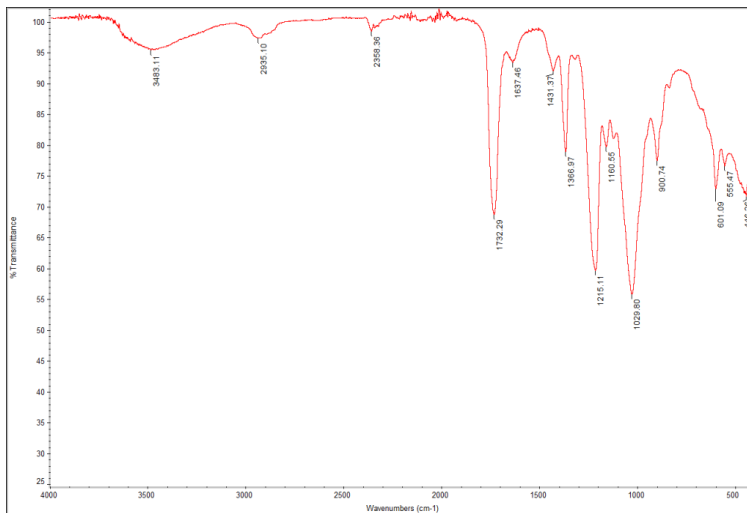
### B.1 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*



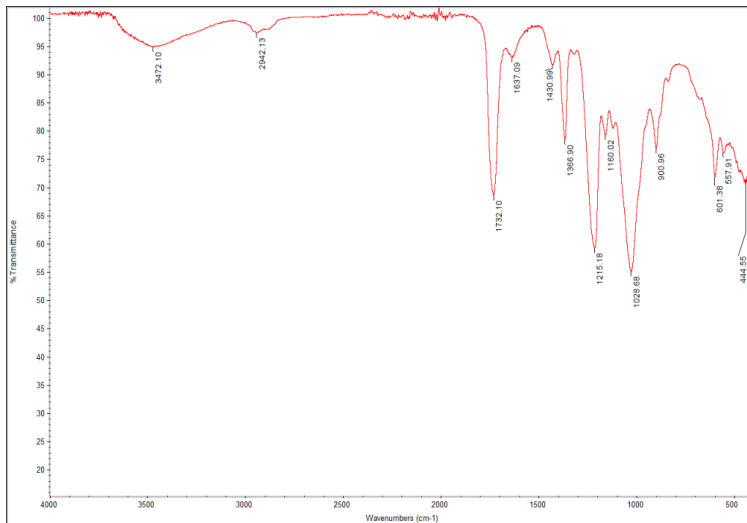
**Gambar B.1** Grafik FTIR Membran CPTS/CPTB 0



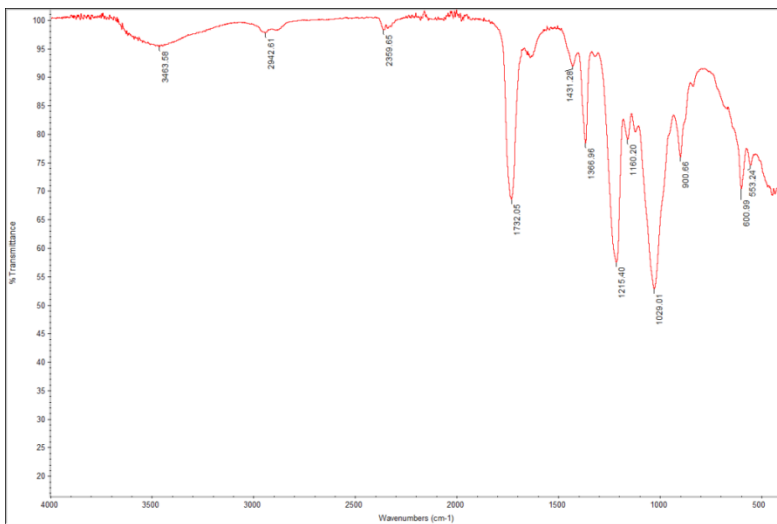
**Gambar B.2** Grafik FTIR Membran CPTS 1



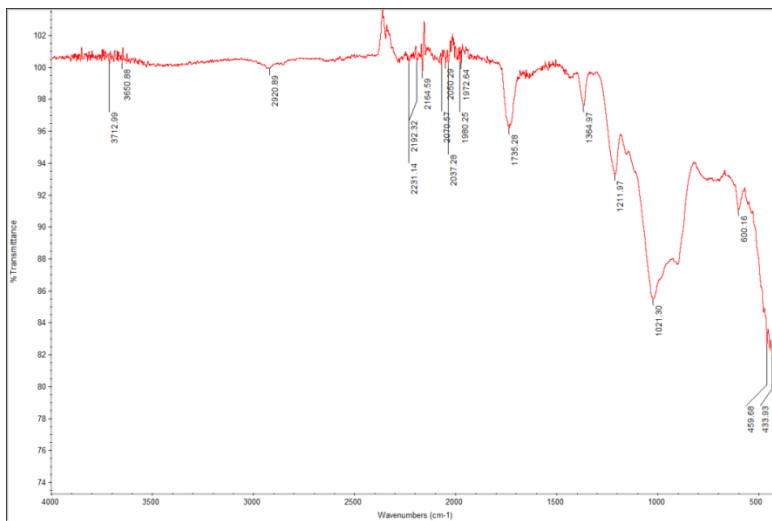
**Gambar B.3** Grafik FTIR Membran CPTS 2



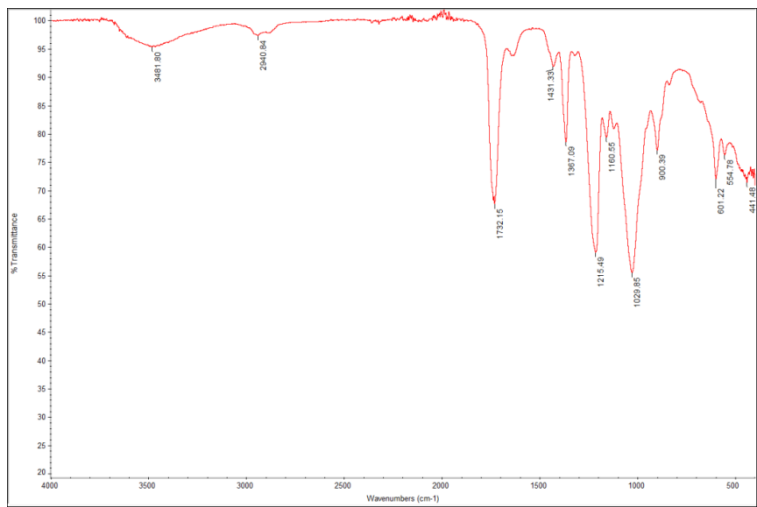
**Gambar B.4** Grafik FTIR Membran CPTS 3



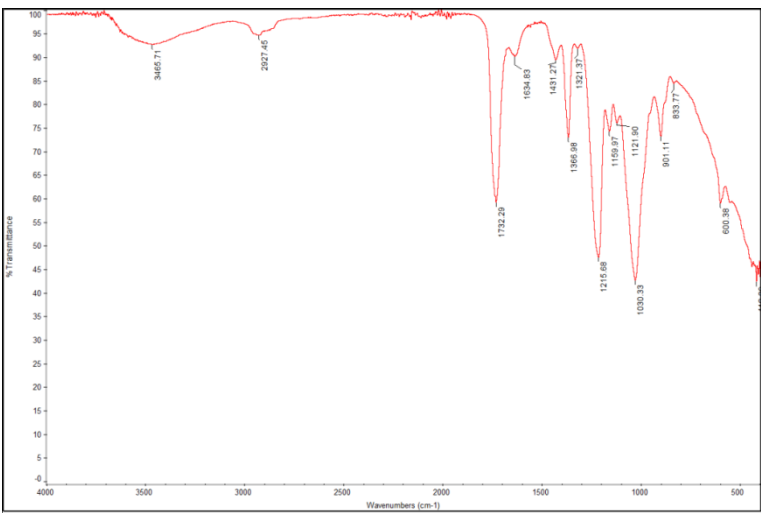
**Gambar B.5** Grafik FTIR Membran CPTS 4



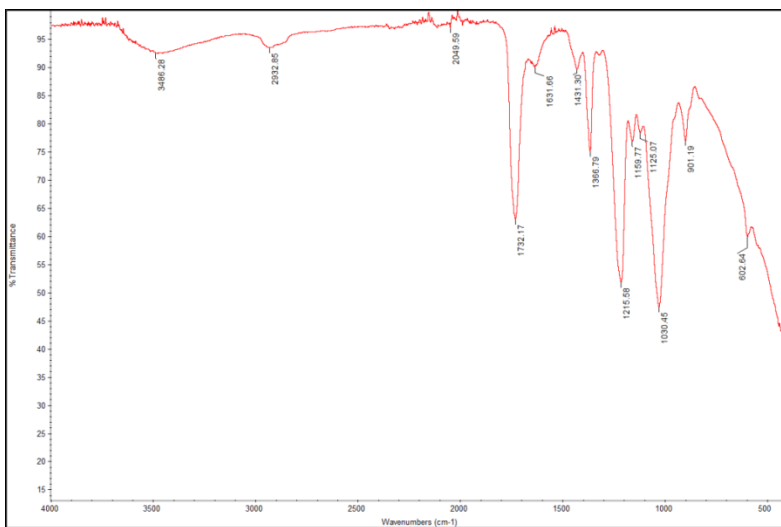
**Gambar B.6** Grafik FTIR Membran CPTS 5



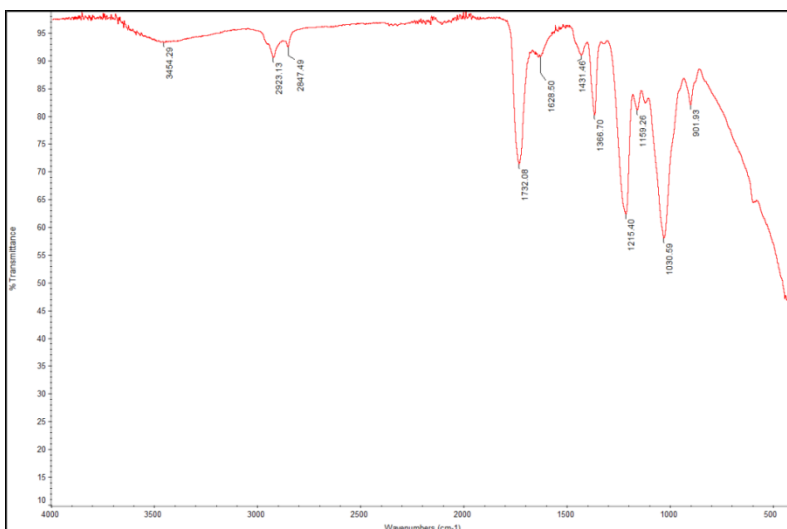
**Gambar B.7** Grafik FTIR Membran CPTS 6



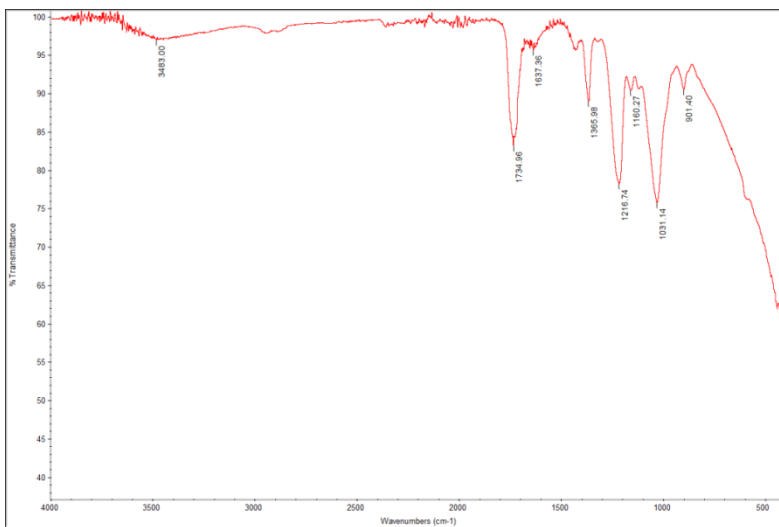
**Gambar B.8** Grafik FTIR Membran CPTB 1



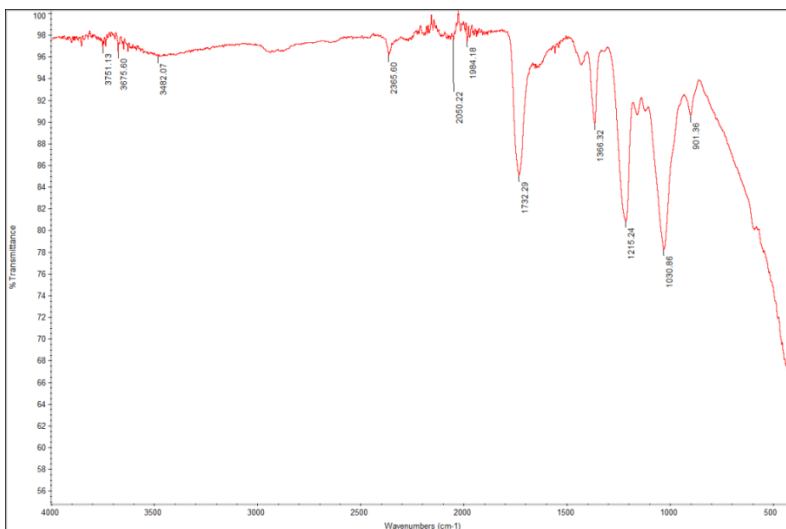
**Gambar B.9** Grafik FTIR Membran CPTB 2



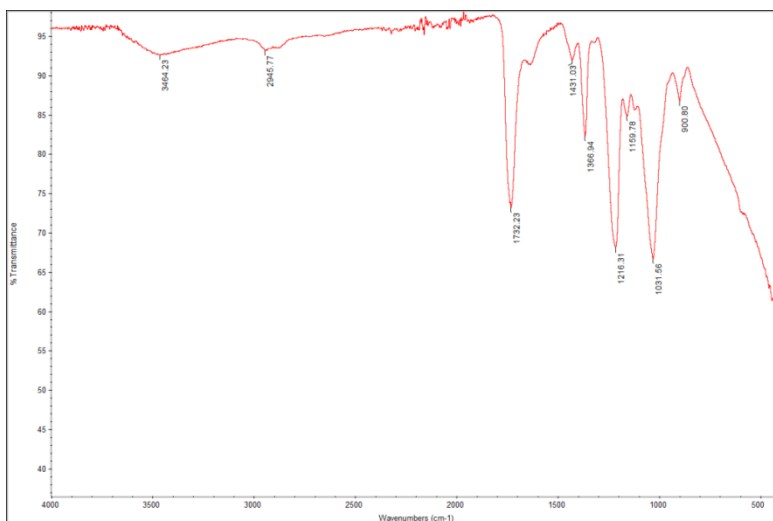
**Gambar B.10** Grafik FTIR Membran CPTB 3



**Gambar B.11** Grafik FTIR Membran CPTB4



**Gambar B.12** Grafik FTIR Membran CPTB 5



**Gambar B.13** Grafik FTIR Membran CPTB 6

## B.2 Water Content

**Tabel B.1** Hasil Analisa *Water Content* Membran CPTS

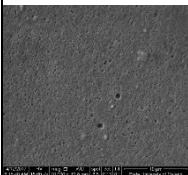
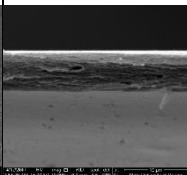
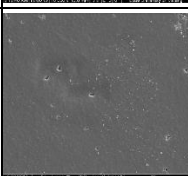
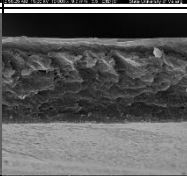
<b>Jenis Membran</b>	<b>Waktu Perendaman</b>	<b>Berat Kering (g)</b>	<b>Berat Basah (g)</b>	<b><i>Water Content</i> (gram/15detik)</b>
CPTS 0	15 detik	0.00557	0.023	0.01743
CPTS 1	15 detik	0.0072	0.0249	0.0177
CPTS 2	15 detik	0.00927	0.0337	0.02443
CPTS 3	15 detik	0.00943	0.0357	0.02627
CPTS 4	15 detik	0.0066	0.0396	0.033
CPTS 5	15 detik	0.0052	0.0229	0.0177
CPTS 6	15 detik	0.0071	0.0354	0.0283

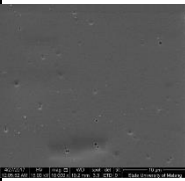
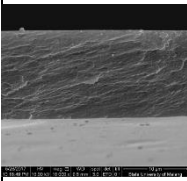
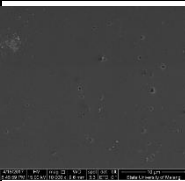
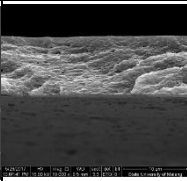
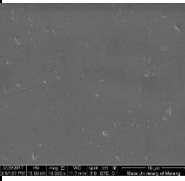
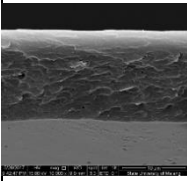
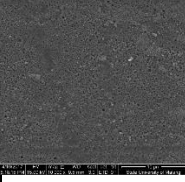
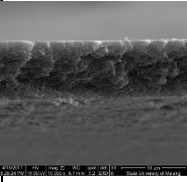
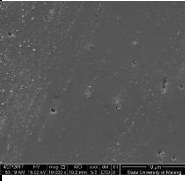
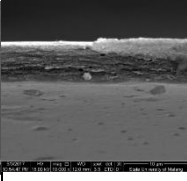


**Tabel B.2** Hasil Analisa Water Content Membran CPTB

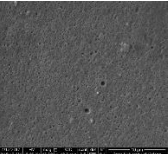
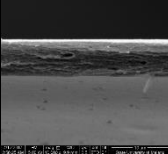
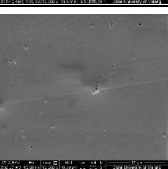
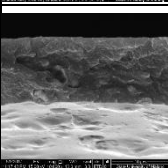
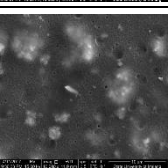
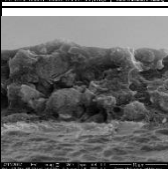
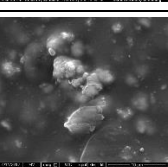
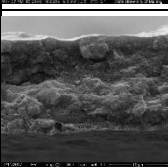
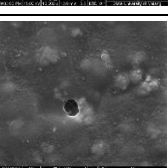
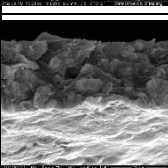
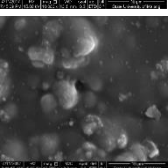
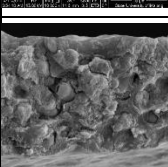
<b>Jenis Membran</b>	<b>Waktu Perendaman</b>	<b>Berat Kering (g)</b>	<b>Berat Basah (g)</b>	<b>Water Content (gram/15detik)</b>
CPTB 0	15 detik	0.00557	0.023	0.01743
CPTB 1	15 detik	0.00667	0.0247	0.01803
CPTB 2	15 detik	0.01	0.0375	0.0275
CPTB 3	15 detik	0.00957	0.0446	0.03503
CPTB 4	15 detik	0.00857	0.0585	0.04993
CPTB 5	15 detik	0.0108	0.0384	0.0276
CPTB 6	15 detik	0.011	0.0442	0.0332

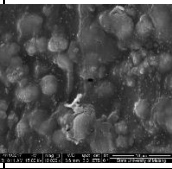
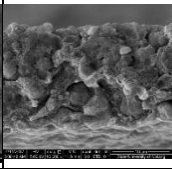
**B.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)****Tabel B.3** Hasil Analisa SEM Membran CPTS

No	Variabel	<i>Top Surface</i>	<i>Fracture Surface</i>
1	CPTS-0		
2	CPTS-1		

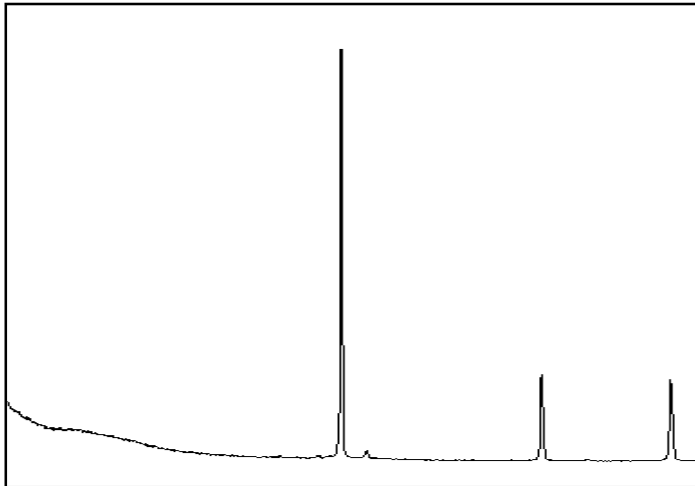
3	CPTS-2		
4	CPTS-3		
5	CPTS-4		
6	CPTS-5		
7	CPTS-6		

**Tabel B.4** Hasil Analisa SEM Membran CPTB

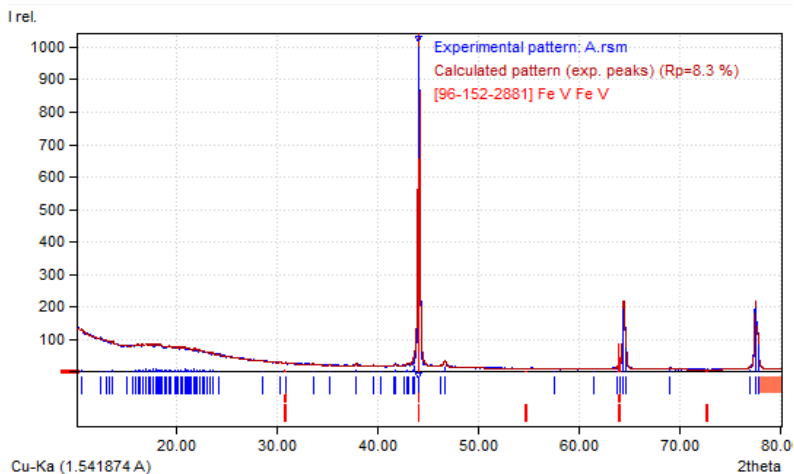
No	Variabel	<i>Top Surface</i>	<i>Fracture Surface</i>
1	CPTB-0		
2	CPTB-1		
3	CPTB-2		
4	CPTB-3		
5	CPTB-4		
6	CPTB-5		

7	CPTB-6		
---	--------	---	---

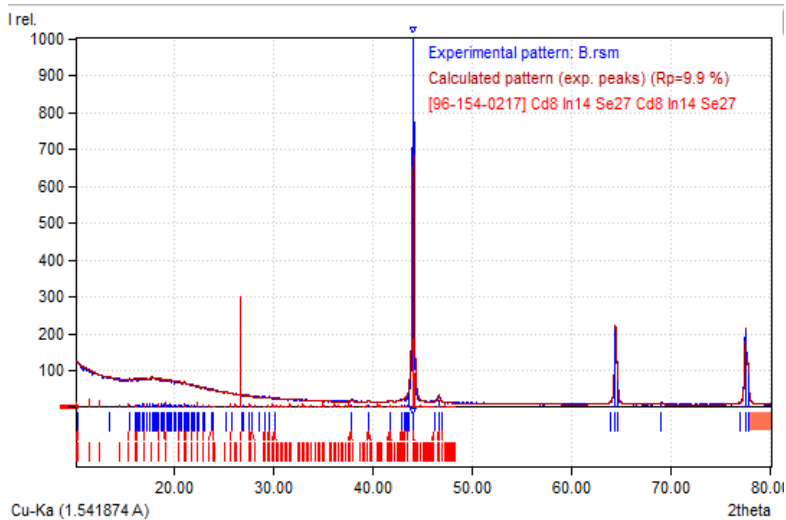
#### B.4 *X-Ray Diffraction (XRD)*



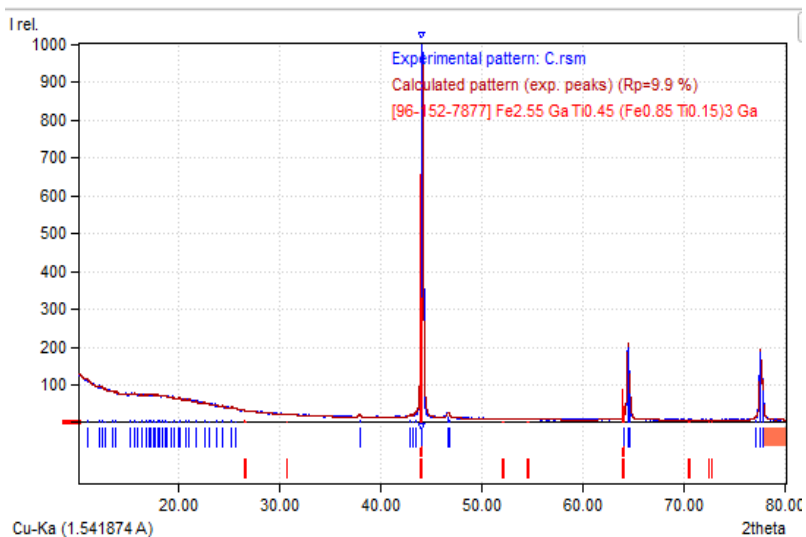
**Gambar B.14** Grafik XRD Membran CPTS/CPTB 0



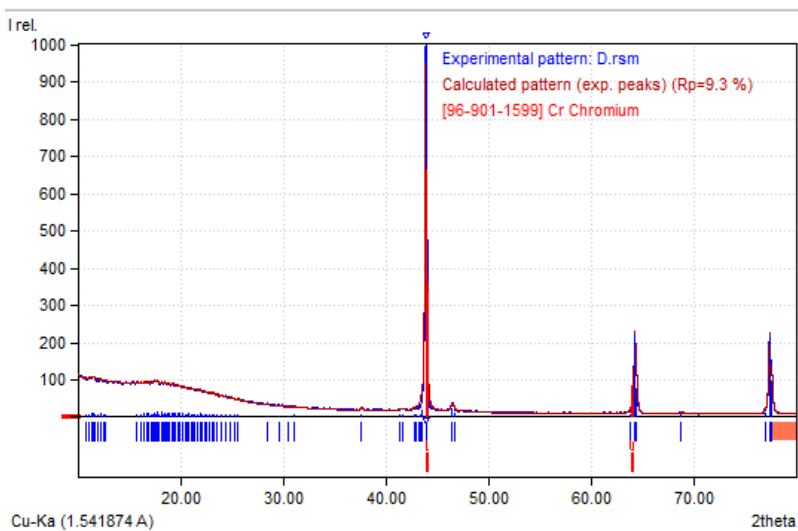
**Gambar B.15** Grafik XRD Membran CPTS 1



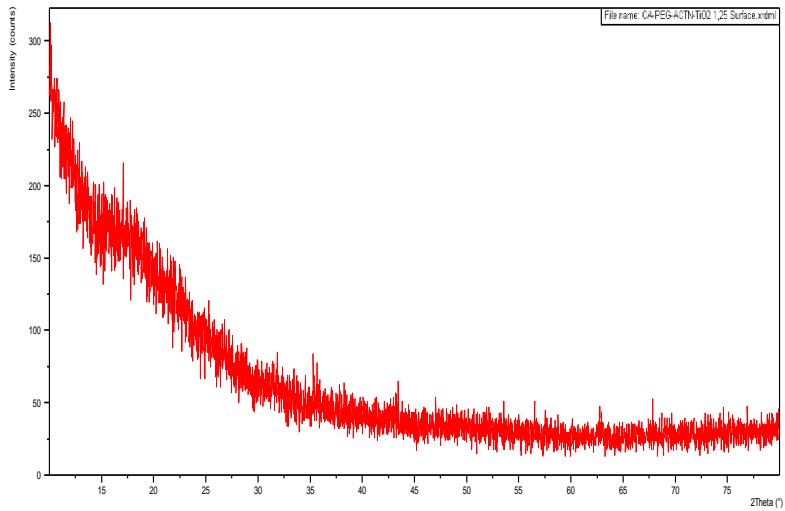
**Gambar B.16** Grafik XRD Membran CPTS 2



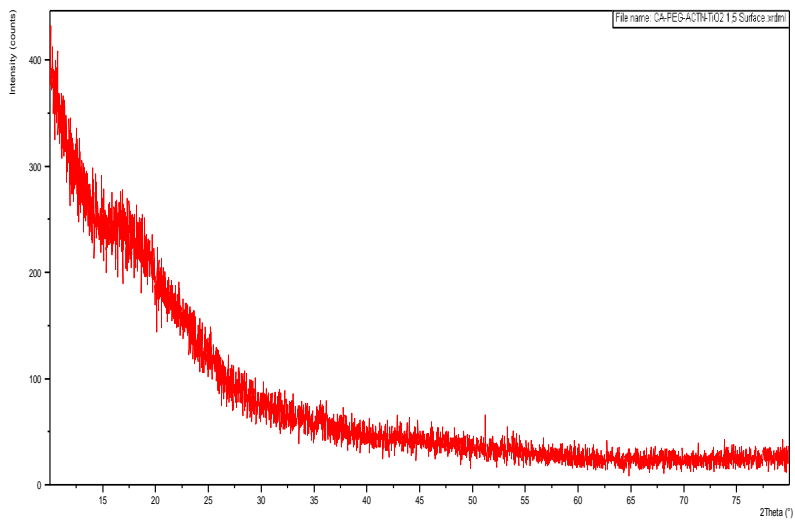
**Gambar B.17** Grafik XRD Membran CPTS 3



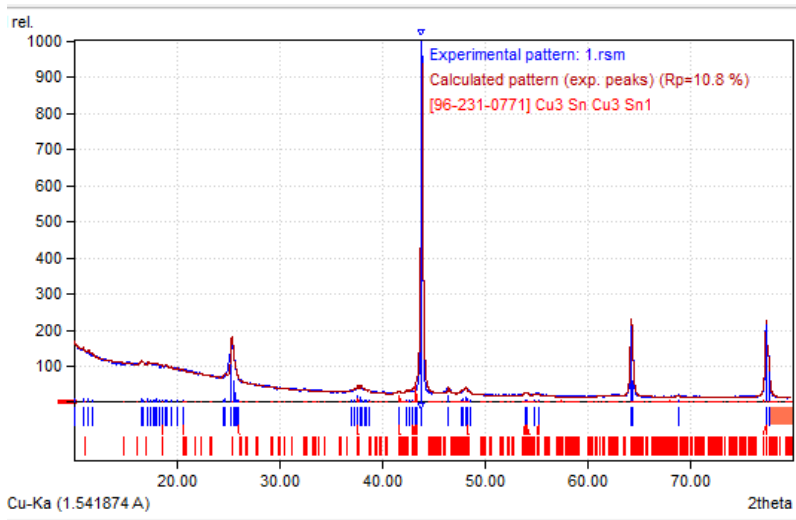
**Gambar B.18** Grafik XRD Membran CPTS 4



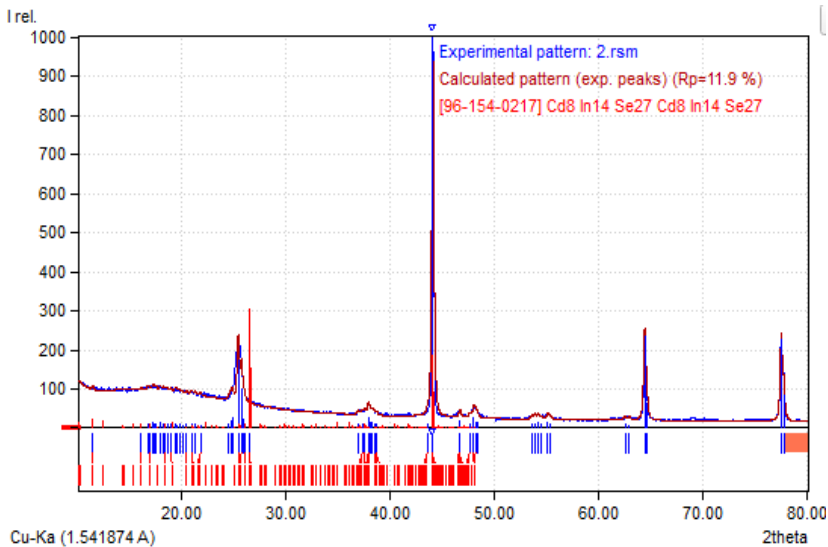
**Gambar B.19** Grafik XRD Membran CPTS 5



**Gambar B.20** Grafik XRD Membran CPTS 6

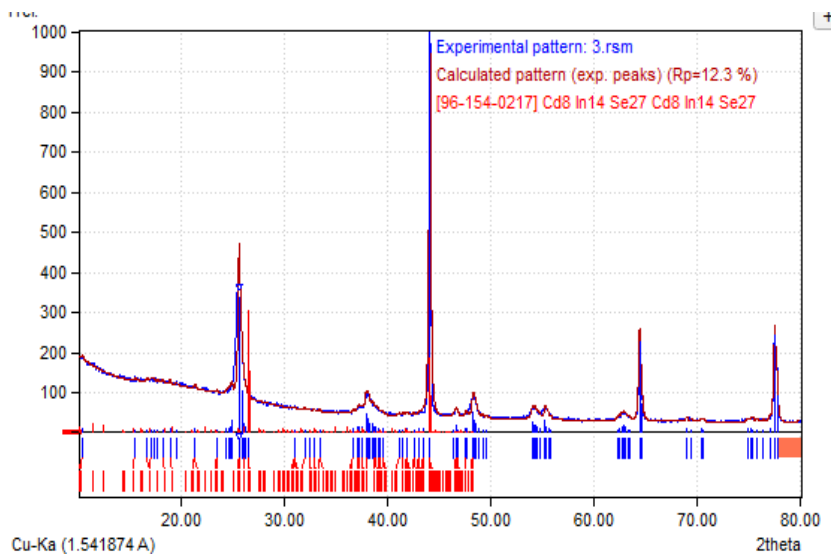


**Gambar B.21** Grafik XRD Membran CPTB 1

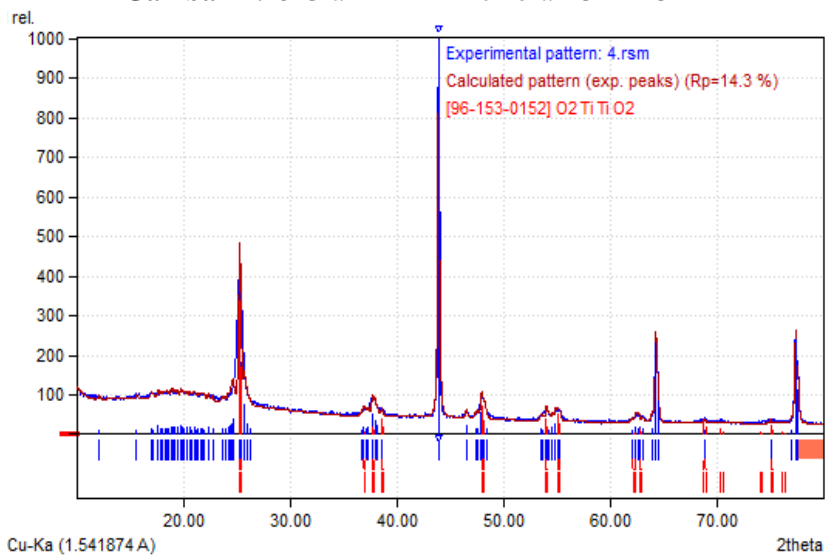


**Gambar B.22** Grafik XRD Membran CPTB 2

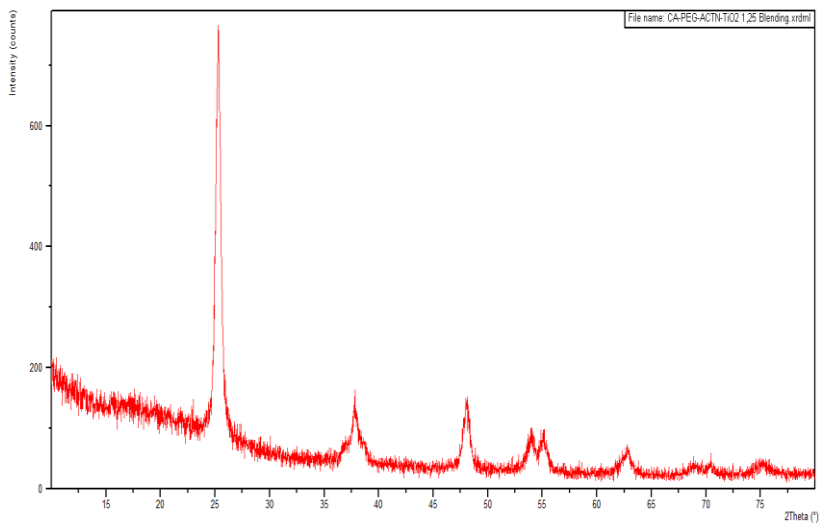




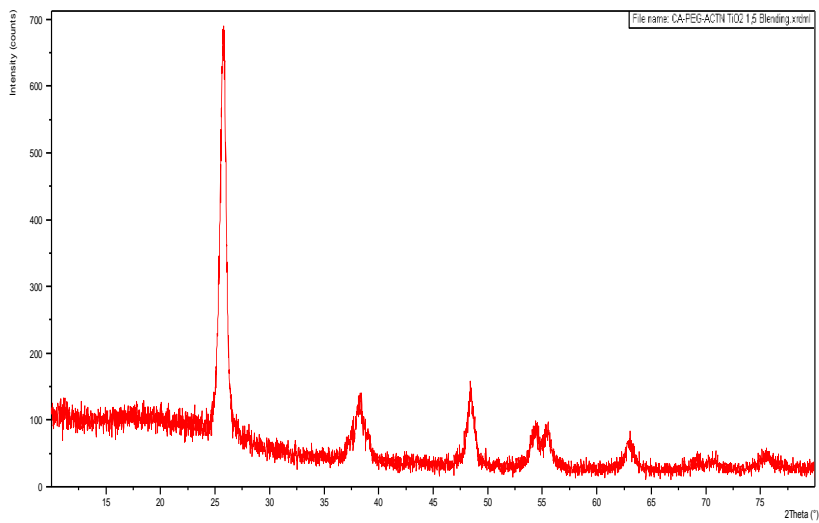
**Gambar B.23** Grafik XRD Membran CPTB 3



**Gambar B.24** Grafik XRD Membran CPTB 4

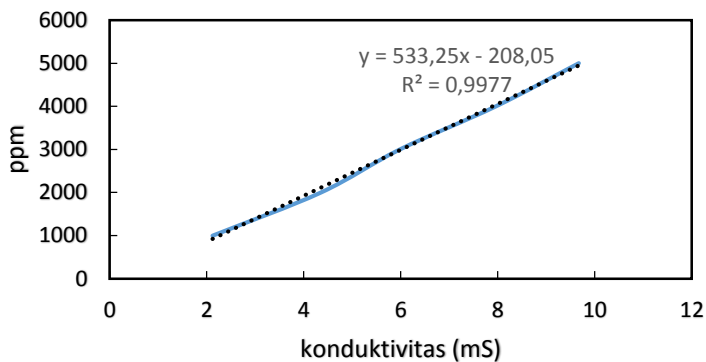


**Gambar B.25** Grafik XRD Membran CPTB 5



**Gambar B.26** Grafik XRD Membran CPTB 6

## B.5 Hasil Uji Desaliansi



**Gambar B.27** Grafik konduktifitas membran berbagai konsentrasi

**Tabel B.3** Konduktivitas Membran CPTS

Variabel Membran	Konduktivitas (mS)
CPTS 0	8,1
CPTS 1	7,26
CPTS 2	6,2
CPTS 3	5,35
CPTS 4	5,32
CPTS 5	6,69
CPTS 6	7

**Tabel B.4** Konduktivitas Membran CPTB

Variabel Membran	Konduktivitas (mS)
CPTB 0	8,1
CPTB 1	5,58
CPTB 2	5,36
CPTB 3	5,6
CPTB 4	7,14
CPTB 5	7,23
CPTB 6	7,25

**Tabel B.5** Hasil Analisa Desalinasi Membran CPTS

	CPTB 0	CPTB 1	CPTB 2	CPTB 3	CPTB 4	CPTB 5	CPTB 6
Konsentrasi Feed (ppm)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Konsentrasi permeat (ppm)	4692,5	3663,4	3098,1	2644,8	2628,8	3359,4	3524,7
Rijeksi Garam (%)	17,8	26,7	38	47,1	47,4	32,8	29,5

**Tabel B.6** Hasil Analisa Desalinasi Membran CPTB

	CPTB 0	CPTB 1	CPTB 2	CPTB 3	CPTB 4	CPTB 5	CPTB 6
Konsentrasi Feed (ppm)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Konsentrasi permeat (ppm)	4692,5	2767,5	2650,2	2778,2	3599,4	3647,4	3658
Rijeksi Garam (%)	17,8	44,7	47	44,4	28	27,1	26,8

## B.6 Hasil Analisa Permeabilitas Membran

**Tabel B.7** Hasil Analisa Permeabilitas Membran CPTS

<b>Jenis Membran</b>	<b><i>Flowrate</i> (L/h)</b>	<b><math>\Delta P</math> (Bar)</b>	<b>Luas Membran (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Permeabilitas Membran (L/m<sup>2</sup>.h.Bar)</b>
CPTS 0	0,034	1,14	0,0009	33,08
CPTS 1	0,414	1,14	0,0009	402,80
CPTS 2	0,339	1,14	0,0009	329,96
CPTS 3	0,139	1,14	0,0009	135,59
CPTS 4	0,0503	1,14	0,0009	48,96
CPTS 5	0,0182	1,14	0,0009	17,77
CPTS 6	0,0587	1,14	0,0009	57,16

**Tabel B.8** Hasil Analisa Permeabilitas Membran CPTB

<b>Jenis Membran</b>	<b><i>Flowrate</i> (L/h)</b>	<b><math>\Delta P</math> (Bar)</b>	<b>Luas Membran (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Permeabilitas Membran (L/m<sup>2</sup>.h.Bar)</b>
CPTB 0	0,034	1,14	0,0009	33,08
CPTB 1	0,0816	1,14	0,0009	79,39
CPTB 2	0,0893	1,14	0,0009	86,90
CPTB 3	0,108	1,14	0,0009	105,08
CPTB 4	0,1517	1,14	0,0009	147,65
CPTB 5	0,1006	1,14	0,0009	97,89
CPTB 6	0,1435	1,14	0,0009	139,64

## APPENDIKS C CARA PERHITUNGAN

### C.1 Perhitungan Kadar Air Garam

- Bahan
  1. Air
  2. Garam NaCl
- Langkah Kerja
  1. Menimbang garam
  2. Melarutkan garam dalam air
- Perhitungan

Kadar garam yang diinginkan:

5000 ppm = 5 gram/ liter

$$Kadar\ NaCl = \frac{Massa\ NaCl\ (gram)}{Volume\ air\ garam\ (ml)}$$

$$5000\ ppm = \frac{Massa\ NaCl\ (gram)}{1\ liter}$$

$$5\ gram/liter = \frac{Massa\ NaCl\ (gram)}{1\ liter}$$

Massa NaCl = 5 gram

### C.2 Perhitungan Fluks Permeat

- Dari analisa uji desalinasi membran CPTS1 diperoleh data diameter membran [cm] dan data dari analisa kadar garam adalah jumlah (volume) permeat [liter] dan waktu [jam]. Kemudian data diolah dengan cara berikut:
  1. Jumlah permeat (Q) = Q1 liter
  2. Diameter area kontak = A1 cm =  $A1 \times 10^{-2}$  m
  3. Waktu = t1 hour (h)

$$J = \frac{Q}{A \times t}$$

$$J = \frac{Q}{\left(\frac{1}{4} \times \pi \times d^2\right) \times t}$$

$$J = \frac{Q1 [\text{liter}]}{(\frac{1}{4} \times 3,14 \times A1 \times 10^{-2}) [m^2] \times t1 [h]}$$

$$J = X \left[ \frac{\text{Liter}}{m^2 \cdot h} \right]$$

### Contoh perhitungan :

Membran CPTS 4

- Diameter area kontak (d) = 0,03 m
- Jumlah permeat (Q) = 25,16 ml
- Waktu (t) = 0,5 h

Penyelesaian:

- Fluks permeat (J)

$$J = \frac{Q}{A \times t}$$

$$J = \frac{25,16 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}}}{(\frac{1}{4} \times \pi \times 0,03 \text{ m}^2) \times 0,5 \text{ h}}$$

$$J = 55,914 \frac{\text{liter}}{m^2 h}$$

### C.3 Perhitungan Rijeksi Garam

- Diperoleh hasil permeat dari uji desalinasi yang kemudian diujikan konduktivitasnya menggunakan alat konduktometer.
- Dilakukan kalibrasi terhadap alat konduktometer untuk kadar garam 1000 ppm hingga 5000 ppm sehingga diperoleh konduktivitas (mS) untuk masing-masing ppm nya. Setelah itu di plot antara kadar garam (ppm) dan konduktivitas (mS) sehingga diperoleh persamaan garis  $y = mx + c$  dan  $R^2 = B$   
Dimana, y = kadar garam [ppm]  
x = konduktivitas (mS)

- Berikut adalah hasil uji konduktivitas

Jenis Membran	Konduktivitas [mS]
CPTS 1	P
CPTS 2	Q
CPTS 3	R
CPTS 4	S
CPTS 5	T
CPTS 6	U

Konduktivitas (x) membran CPTS 1 = P mS, maka

$$y = mx + c$$

$$y = m (P) + c$$

$$y = Z \text{ ppm (Kadar garam keluar)}$$

$$R = \left( 1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100\%$$

$$R = \left( 1 - \frac{\text{kadar garam pada permeat (ppm)}}{\text{kadar garam pada } feed \text{ (ppm)}} \right) \times 100\%$$

$$R = \left( 1 - \frac{Z \text{ ppm}}{5000 \text{ ppm}} \right) \times 100\%$$

$$R = W \%$$

### Contoh perhitungan:

Membran CPTS 4

- Kadar garam pada feed (Cf) = 5000 ppm
- Konduktivitas (x) = 5,32 mS



- Persamaan garis kadar garam =  $y = 533,25x - 208,05$

Penyelesaian:

- Mencari kadar garam pada permeat (ppm)

$$y = 533,25x - 208,05$$

$$y = 533,25 \times 5,32 - 208,05$$

$$y = 2628,84 \text{ ppm}$$

- Mencari *Salt Rejection* (%)

$$R = \left(1 - \frac{2628,84 \text{ ppm}}{5000 \text{ ppm}}\right) \times 100\%$$

$$R = (1 - 0,526) \times 100\%$$

$$R = 47,4 \%$$

#### C.4 Water Content

- Berikut didapatkan data untuk menghitung *water content*
  - Berat Kering =  $Y$  gram
  - Berat Basah =  $Z$  gram
- Berikut perhitungan *water content*

$$WC = Bb - Bk$$

$$WC = Z \text{ gram} - Y \text{ gram}$$

$$Wc = X \text{ gram}$$

#### Contoh Perhitungan:

Membran CPTS 4

- Waktu Perendaman = 15 detik
- Berat Kering (Bk) = 0,0066 gram
- Berat Basah (Bb) = 0,0396 gram

Penyelesaian :

- *Water Content*

$$WC = 0,0396 \text{ gram} - 0,0066 \text{ gram}$$

$$WC = 0,033 \text{ gram}$$

### C.5 Permeabilitas Membran

- Berikut didapatkan data untuk menghitung permeabilitas membran
  - Volume permeat (Q) = a L/h
  - P = b Bar
  - Luas Membran (A) = c m<sup>2</sup>
- Berikut perhitungan permeabilitas membran

$$J = Pm \times (Pop - Pos)$$

$$Pm = \frac{J}{\Delta P}$$

$$Pm = \frac{Q}{A \times \Delta P}$$

$$Pm = \frac{a \text{ L/h}}{c \text{ m}^2 \times b \text{ Bar}}$$

$$Pm = d \text{ L/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$$

### Contoh Perhitungan:

Membran CPTS 4

- Volume permeat (Q) = 0,0503 L/m<sup>2</sup>.h
- ΔP = 1,14 Bar
- Luas Membran (A) = 0,0009 m<sup>2</sup>

Penyelesaian :

- Permeabilitas Membran

$$Pm = \frac{Q}{A \times \Delta P}$$

$$Pm = \frac{0,0503 \text{ L/h}}{0,0009 \text{ m}^2 \times 1,14 \text{ Bar}}$$

$$Pm = 48,96 \text{ L/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$$

## RIWAYAT HIDUP PENULIS I



Ryanda Luthfi Zaim, lahir di Padang pada tanggal 11 Oktober 1994. Anak kedua dari tiga bersaudara. Memulai pendidikan formal di SDN 04 Guguk Malintang Padang Panjang dan lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan ke tingkat menengah di SMPN 7 Padang, lulus pada tahun 2010, lalu dilanjutkan ke SMAN 1 Padang, lulus pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan studi tingkat sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama melaksanakan studi S1, penulis melakukan kerja praktik di PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang, Jawa Barat dan menyelesaikan tugas Pra Desain Pabrik dengan judul “*Crude Distillation Unit dari Kuwait Crude Oil*”. Selain kegiatan akademik, penulis juga aktif dalam HIMATEKK FTI-ITS sebagai *Section Head of Student Prosperity ESP Department*. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian buku ini. Semoga apa yang telah dicapai dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya.

Hormat saya,  
Ryanda Luthfi Zaim  
+62 8133 3638 937  
ryandaluthfizaim@gmail.com

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

## RIWAYAT HIDUP PENULIS II



Wahyuni Eka Muqni, lahir di Rappoala pada tanggal 9 Januari 1996. Anak pertama dari dua bersaudara. Memulai pendidikan formal di SDN 1 Rappoala dan lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan ke tingkat menengah di SMP 1 Sungguminasa, lulus pada tahun 2010, lalu dilanjutkan ke SMAN 17 Makassar, lulus pada tahun 2013. Penulis kemudian melanjutkan studi tingkat sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama melaksanakan studi S1, penulis melakukan kerja praktik di PT Pertamina (Persero) RU V, Balikpapan, Kalimantan Timur dan menyelesaikan tugas Pra Desain Pabrik dengan judul “*Crude Distillation Unit* dari *Kuwait Crude Oil*”. Selain kegiatan akademik, penulis juga aktif dalam HIMATEKK FTI-ITS sebagai *Section Head of Training SRD Department*. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian buku ini. Semoga apa yang telah dicapai dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya.

Hormat saya,  
Wahyuni Eka Muqni  
+62 8124 2916 956  
wahyunieka.its@gmail.com

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)